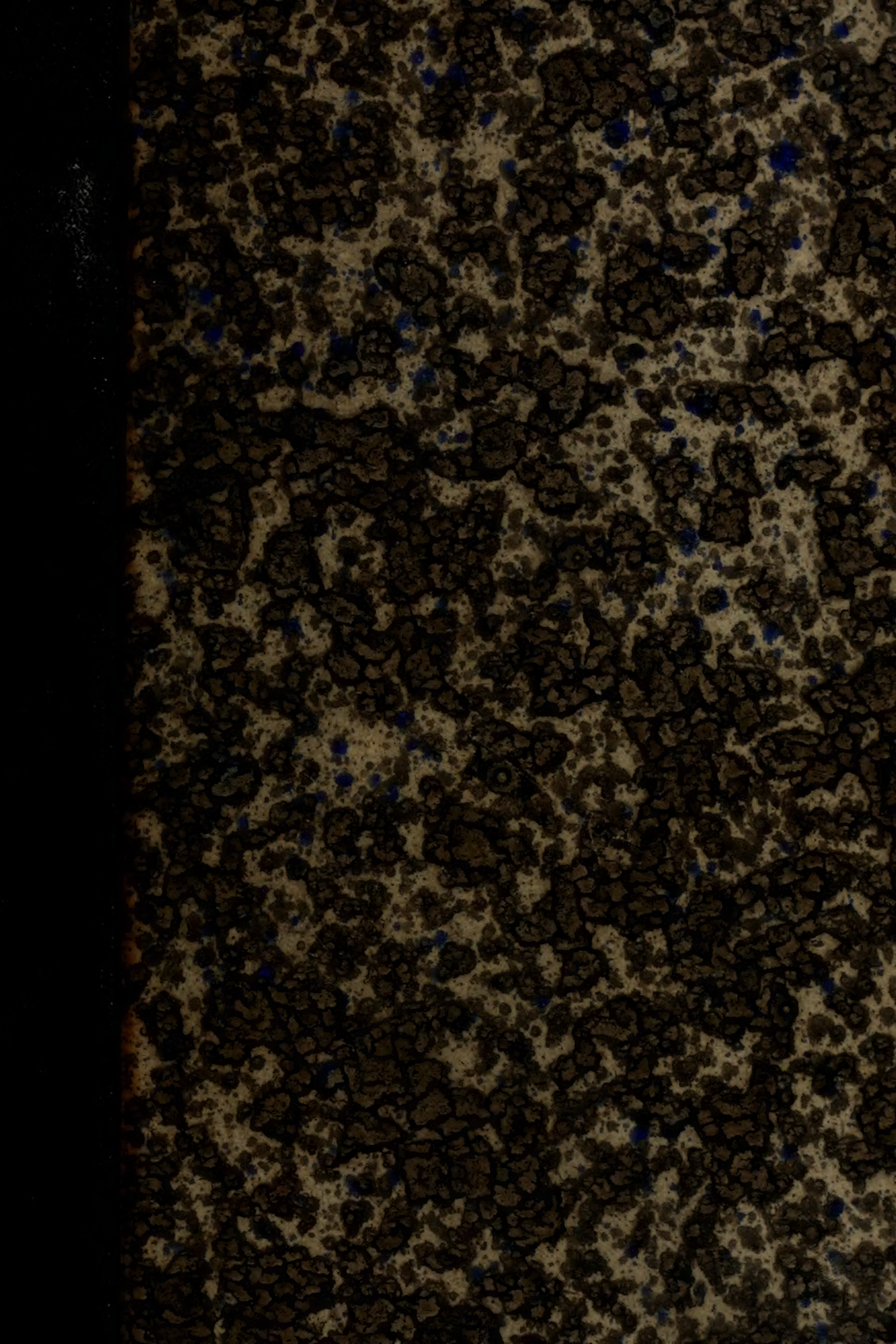


MÉMOIRES

DE

L'ACADÉMIE IMPÉRIALE

DES SCIENCES, BELLES-LETTRES ET ARTS

DE LYON.

CLASSE DES SCIENCES.

TOME CINQUIÈME.

LYON,

IMPRIMERIE DE REY ET SÉZANNE,

rue Saint-Côme, 2.

1855.

ACADÉMIE IMPÉRIALE

DE LYON.

MÉMOIRES

DE LA

CLASSE DES SCIENCES.

MÉMOIRES

DE

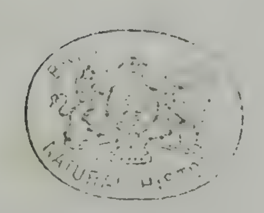
L'ACADÉMIE IMPÉRIALE

DES SCIENCES, BELLES-LETTRES ET ARTS

DE LYON.

CLASSE DES SCIENCES.

TOME CINQUIÈME.



LYON,

IMPRIMERIE DE REY ET SÉZANNE,

rue Saint-Côme, 2.

1855.

MÉMOIRES

DE

L'ACADÉMIE DE LYON.

CLASSE DES SCIENCES.

DE L'EXTENSION
DES TERRAINS HOUILLERS

sous les formations
secondaires et tertiaires de diverses parties de la France,

Par M. J. FOURNET,

PROFESSEUR A LA FACULTÉ DES SCIENCES DE LYON.

(Présenté à l'Académie des Sciences, Belles-Lettres et Arts de Lyon, dans la séance du 10 janvier 1854.)

> La connaissance des anciens rivages de cette mer (houillère) est un des tributs les plus importants que la géologie puisse être appelée à fournir à l'industrie française.
>
> ÉLIE DE BEAUMONT, *Explic. de la Carte géol. de France*, t. 1, p. 507.

DÉTAILS PRÉLIMINAIRES.

Mon ancien service de mineur et de fondeur a nécessairement dû m'obliger de bonne heure à examiner les terrains houillers qui se trouvaient dans mes environs, et quand par la suite il fallut consacrer mon temps à la géologie générale, je n'ai jamais perdu de vue l'objet de mes premières explorations. Ainsi, à mon début, entre les années 1820 et 1832, je visitai successivement les gisements de Roderen (Haut-Rhin), de Ronchamp (Haute-Saône), de Saint-Jngbert près de Sarrebruck, de Brassac sur l'Allier, de Pont-au-Mur dans

le bassin du Sioulet, et de Bort sur la Dordogne. Depuis 1834 jusqu'en 1854, diverses excursions m'ont mis à même de faire connaissance avec les houillères de Ternay (Isère), de Saint-Étienne et de Rive-de-Gier, de Sainte-Foy-l'Argentière, de Saint-Paule, de l'Arbresle et de Courzieux (Rhône), de Neffiez (Hérault), du Creusot et d'Autun (Saône-et-Loire), des environs de Lapalisse et de Montluçon (Allier), du Rouergue, du Palatinat, des Alpes, du Var et de l'Ardèche. Ces voyages me ramenèrent dans les Vosges, dans le Languedoc, ainsi que dans l'Auvergne, et l'on daignera peut-être admettre que, de mes observations détaillées ou incomplètes, soutenues pendant 34 ans, il a dû résulter des données de nature à être enfin livrées à la publicité.

Au surplus je n'ai pas attendu jusqu'à ce jour pour utiliser les notions acquises. En 1837, par exemple, MM. les ingénieurs de Saint-Étienne conservaient encore les traditions de M. Beaunier, au sujet de la constitution du bassin de la Loire. A cette époque, une visite de la concession de Villars me décida à énoncer par écrit une proposition contraire aux idées jusqu'alors admises, au sujet des couches Grangette et Villars. On les regardait comme ne formant qu'une seule et même grande assise houillère. En établissant leur indépendance et en démontrant que l'assise de Villars passe beaucoup au-dessous de celle de Grangette, j'augmentais par cela même considérablement la richesse présumée du pays, mais aussi mon résultat devait tout naturellement être très mal accueilli. M. Gruner me fit part des objections mises en avant, en me déclarant en même temps que M. Gervoy, nommé directeur de la mine, s'était rangé de mon avis.

Dès l'année suivante, c'est-à-dire en 1838, M. Locard, encouragé par l'appui que je lui prêtais, me fit connaître ses données au sujet de l'arrangement des couches de Mont-Salson qui reposent sur la même couche de Villars. Nous exa-

minâmes ensemble la structure de la montagne avec toute l'attention réclamée par l'importance que prenait la question quant à l'avenir des exploitations du pays; les détails de cette étude furent également consignés dans un de mes rapports, et l'on trouvera la coupe du Mont-Salson, dans l'*Explication de la Carte géol.*, t. I, p. 537.

Pendant la même année 1838, j'eus occasion de travailler avec M. Brochin du côté d'Unieux et Fraisse, près de Firminy, où je lui fis remarquer entre autres la nécessité de sortir de la vieille ornière; puis, de proche en proche, d'autres directeurs suivirent l'impulsion dont j'avais été le promoteur, de manière que l'on hasarda la grande recherche du Plat de Gier. Finalement, en 1847, M. Gruner, qui de son côté s'était livré à des explorations soignées, régularisa toutes les notions acquises jusqu'alors, en dressant sa belle carte du bassin de la Loire.

Pendant l'année 1837 je fus aussi chargé de l'exploration du terrain houiller de Ternay et de Communay. Son allure me fit entrevoir la possibilité d'une extension depuis les bords du Rhône jusqu'à une certaine distance dans l'intérieur des plaines dauphinoises. Pour acquérir la certitude du fait, j'entrepris diverses excursions du côté de Villette-d'Islins, en remontant le ruisseau de Levaux jusqu'au-delà de Luzinay. Dans un sens différent, je portai mes pas vers Frontonas et Chamagnieu; mais de toutes parts d'épais recouvrements diluviens et autres masquaient l'objet de mes recherches. Je dus donc attendre des circonstances plus propices, et celles-ci ne tardèrent pas à surgir. J'appris bientôt qu'un propriétaire avait trouvé des indices de houille dans le fond d'un puits de Chamagnieu. Peu de temps après, on reprenait à Chonas d'anciennes fouilles pour l'extraction d'une couche anthraciteuse, placée sur le revers méridional des terrains cristallins du territoire viennois. Enfin, en 1848, M. Frèrejean nous

montra, à M. Chevreul et à moi, un lambeau de terrain houiller, placé à côté du chemin de Serpaize, contre le promontoire gneussique de la Bâtie qui domine le nord de la ville.

Ces découvertes successives justifiaient de la manière la plus nette mes idées au sujet du rapide épanouissement que doit subir la formation houillère de St-Étienne et de Rive-de-Gier, du moment où elle débouche hors de la vallée dans laquelle elle avait été supposée contenue jusqu'alors. On comprendra d'ailleurs qu'afin de compléter les données au sujet de son extension, il m'était impérieusement prescrit de pousser mes investigations beaucoup plus loin, c'est-à-dire sur les Alpes. En effet, c'est seulement le long du massif central de cette chaîne que l'on voit de nouveau surgir une zone carbonacée; mais celle-ci était considérée comme appartenant à la formation jurassique. Une longue et pénible course, exécutée en 1849, et dirigée le long du bord des granits et autres roches cristallines, depuis les environs de Martigny en Valais jusqu'à Lamure en Dauphiné, me donna pour résultat une bande séparée du terrain jurassique par un grès que tout porte à considérer comme étant l'équivalent du Trias. Elle est disposée de telle manière qu'il eût été difficile de souhaiter un accord plus satisfaisant entre les faits et les prévisions théoriques, au sujet de l'existence d'un grand bassin houiller remplissant la concavité comprise entre les Alpes et les montagnes cévenoles. Le résultat de ce voyage a déjà été publié d'une manière sommaire; cependant j'en relaterai quelques détails dans le travail actuel, de manière à les mettre en harmonie avec les autres données relatives à la nappe houillère dauphinoise.

A une époque antérieure, en 1828 et en 1830, quand j'étais chargé de la direction des mines de Pont-Gibaud (Puy-de-Dôme), j'eus quelques occasions d'examiner les gîtes de Brassac; on connaissait d'ailleurs la position de ceux des

environs de Montluçon et de Lapalisse. Dès-lors ces deux dernières stations, disposées de manière à figurer les extrémités de la base d'un triangle dont Brassac indiquait le sommet, s'offrirent à ma pensée, comme étant trois parties d'une grande formation houillère, redressée contre les flancs des massifs du Forez, du Puy-de-Dôme et de la Margeride, et dont la partie centrale devait être enfouie sous les plaines de la Limagne. Déjà à cette époque je supposais qu'un sondage, placé, par exemple, à Pont-du-Château près de l'Allier, arriverait infailliblement à rencontrer le terrain sous-jaçent, si toutefois il pouvait être suffisamment approfondi, et je n'ai jamais hésité dans mes leçons à faire connaître cet aperçu théorique, non plus que ceux qui étaient relatifs à la prolongation houillère sous les plaines dauphinoises.

Je n'insisterai pas davantage ici sur d'autres applications de cet ordre d'idées; elles surgiront avec plus de force par la suite, étant alors précédées de détails indispensables pour dissiper les causes d'hésitation qui peuvent encore exister en ce moment. Il suffit d'avoir fait remarquer que depuis longtemps je n'admettais plus certaines indications relatives à la constitution des terrains houillers de la France, dont on considère les débris comme étant de petits dépôts purement locaux et faisant contraste avec la nappe excessivement étendue de l'Angleterre ainsi que de la Belgique, y compris ses parties limitrophes. En d'autres termes, on accorde à ces pays une mer houillère avec toutes ses conséquences géologiques et industrielles. Quant à nous, il ne nous est offert en perspective que des lacs bornés ou méditerranéens, et le résultat de ces hypothèses serait l'impuissance matérielle d'amener le travail national au degré de développement qu'il a acquis chez nos rivaux.

La cherté du combustible oblige à rompre enfin le charme, et c'est cette circonstance qui me détermine à livrer à la pu-

blicité le résumé de mes recherches. Sans doute je n'ai à faire connaître que des probabilités, mais celles-ci sont d'un ordre assez satisfaisant pour mériter quelque attention. Quand on aura pris connaissance de leur exposé, on m'accordera, je l'espère du moins, que je ne hasarde que ce que tout homme doit hasarder quand il vise à un but. En un mot, la somme des chances favorables l'emporte de beaucoup sur la somme des chances défavorables, et dès-lors les opérations à exécuter d'après les études des localités rentrent dans la catégorie de toutes celles qui sont relatives à une entreprise commerciale ou industrielle convenablement raisonnée.

Dans ce qui va suivre je détaillerai les considérations sur lesquelles je base mon opinion au sujet de l'extension des terrains houillers de la France, et pour éviter toute confusion, je commencerai par discuter la valeur des données concernant le sentiment qui a prévalu jusqu'à ce jour. Prenant ensuite les stations houillères une à une, j'en ferai ressortir les accidents divers, les caractères de position, en même temps que ceux qui militent en faveur de leur réunion avec les stations voisines. J'arriverai ainsi de proche en proche à faire le tour des principaux massifs primordiaux de la France centrale, à pénétrer dans leurs anciens golfes, et en complétant ainsi la connaissance de l'ancienne mer houillère, j'aurai payé mon tribut de géologue à l'industrie française !

Les cartes ainsi que les coupes qui accompagnent ce travail sont en grande partie basées sur la *Carte géologique de la France*, dont j'ai quelquefois retouché les contours, d'après mes observations ou d'après des indications qui m'ont été fournies avec la plus grande obligeance par divers directeurs de mines, MM. Aumont, Durozoy, Drian, Danton, Schutz, Gronier, Manigler, Poyzat, Poyet et Graff. J'ai en outre mis à profit les belles feuilles de MM. Thiollière, Gruner, Debilly, Daubrée, Boulanger, Thirria, de Nerville, Coquand, E. Dumas

et Garella. On remarquera de plus que pour simplifier convenablement les tracés j'ai fait abstraction de toute la complication des formations, en ne tenant compte que de trois genres de masses minérales, savoir : les terrains houillers proprement dits, les terrains inférieurs qui sont laissés en blanc, et les terrains supérieurs, depuis l'ensemble permien jusqu'aux dépôts d'alluvions; ceux-ci sont indiqués par une rayure horizontale. Les dispositions respectives se trouvant ainsi débarrassées du miroitement occasionné par la bigarrure d'une multitude de teintes diverses, deviennent par cela même plus saisissables, et c'était à ce résultat qu'il importait de viser dans une question essentiellement spéciale.

Je n'ai pas jugé à propos d'effectuer le même travail pour la partie occidentale de la France que je n'ai point visitée. Un champ qui s'étend en longueur de l'extrémité de l'Alsace à la Méditerranée, et en largeur depuis les Alpes jusqu'aux confins de l'Auvergne et du Limousin, pourra sans doute déjà satisfaire la généralité des mineurs; et si même j'avais voulu tenter d'introduire des améliorations analogues dans le tracé des gîtes de l'ouest du pays, je me serais trouvé arrêté faute de données suffisantes. La ligne de démarcation adoptée est en même temps celle qui trace la limite entre l'abondance et la rareté des géologues. Il n'y a rien dans les terrasses ainsi que dans les Pays-Bas atlantiques qui puisse exciter bien vivement l'esprit d'investigation; les rudes aspérités des Alpes et du Jura, les croupes imposantes des Cévennes, du Vivarais, du Lyonnais, du Forez, de l'Auvergne, du Morvan, de la Bourgogne et des Vosges sont bien autrement stimulantes. C'est de là que surgit cette quantité d'observateurs qui, à la suite de Buffon, de Saussure, de Dolomieu, de Guettard, de Gensanne, de Giraud de Soulavie, de Montlosier, de Ramond, développe si rapidement le cadre de nos connaissances. C'est aussi là le lot sur lequel M. Élie de Beaumont a

senti naître ses plus belles inspirations, et je ne tomberai pas dans l'exagération en avançant que, si malgré un pareil mouvement, il existe manifestement des *desiderata* dans la partie orientale, leur nombre eût été trop considérables sur l'autre partie pour donner lieu à un remaniement utile.

CHAPITRE PREMIER.

Historique de la question houillère.

IDÉES DIVERSES AU SUJET DE LA DISPOSITION DES DÉPÔTS HOUILLERS.

Dans un débat judiciaire, les prétentions des parties intéressées obligent souvent à remonter à d'anciens titres, afin de suivre la filiation des idées qui ont amené le procès, et d'émettre ensuite l'avis le plus équitable. Cette nécessité se fait sentir en géologie plus encore que dans les autres sciences, à cause de la complication des sujets qu'elle embrasse; et parmi ceux-ci, il faut distinguer entre autres la question de la disposition des gîtes houillers, au sujet de laquelle plusieurs idées très distinctes ont été émises. On comprendra d'ailleurs cette divergence, du moment où l'on saura que les savants des trois nations auxquelles la géologie est redevable de tous ses progrès, les Anglais, les Français et les Allemands ont apporté leur contingent dans la balance. Je vais faire connaître les parts respectives.

I. — *Idée anglaise.*

1. En Angleterre l'espace occupé par les terrains houillers représente la vingtième partie de la surface totale du pays; une vaste nappe y est étalée sur le littoral occidental à

Withehawen, à Liverpool, à Chester, dans l'île d'Anglesea et dans le pays de Galles autour de Mertyr-Tydwil et de Hawerford. Son extrémité orientale se trouvant dans le comté de Monmouth, elle forme une bande dirigée de l'est à l'ouest, de manière à reparaître au-delà du canal de St-Georges, à l'extrémité méridionale de l'Irlande, en s'étendant ainsi sur une longueur de plus de 15 myriamètres. Une autre zone est située dans la partie méridionale de l'Écosse, et elle aboutit aux deux mers, en occupant l'espace compris entre Edimbourg, Glascow et Dumbarton. Davantage au sud, vient celle de New-Castle et de Durham, qui touche à la mer du Nord. Enfin, dans le centre même du pays, une dernière partie se prolonge sur les environs de Scheffield, de Derby, de Birmingham et de Dudley.

Dans cette même contrée, les géologues Hutton, Philips Thomson, Weawer, Jameson, ont pu remarquer de bonne heure dans le Northumberland ainsi que dans le Derbyshire, les intercalations du calcaire carbonifère avec les assises inférieures du terrain houiller. On comprend donc qu'en présence d'un pareil développement superficiel et de cette union intime des couches à fossiles marins avec les assises houillères, il n'y avait pas lieu à hésiter dans le choix d'une théorie, et l'idée d'une formation pélasgique était la seule qui pût prévaloir.

II. — *Idée française.*

2. Dans les autres pays, où les relations des gîtes houillers avec les couches marines sont en général moins nettement exprimées, on ne pouvait évidemment pas acquérir de prime-abord des idées aussi complètes.

Cependant, en 1793, Duhamel, après avoir étudié une partie des gisements houillers de la France, était arrivé à conclure qu'ils ont été déposés dans les grandes vallées du

pays, dans les espèces de golfes qu'elles formaient, ainsi que dans leurs embranchements. Ainsi, sur la rive droite de la Loire, les terrains de St-Etienne, de Decise, de Saône-et-Loire, de St-Georges-de-Chatelaison, de Montrelais, se trouvent dans des vallées secondaires, transversales au bassin du fleuve. Sur sa rive gauche, les couches de St-Éloi en Combrailles s'étendent dans le sens de la Bouble, affluent de l'Allier, et qui s'y réunit à St-Pourçain. Les dépôts de Fins et de Noyant suivent de même la vallée de la Queune, autre affluent de l'Allier. Ces derniers sont d'ailleurs séparés des mines des Montmarault par des roches granitiques et gneussiques, formant le point culminant dit le Montet-aux-Moines, et ils appartiennent à une autre vallée transversale. Pour le Rhône, Alais et la Grand-Combe pénètrent dans le bassin subordonné du Gardon. Enfin les houillères des environs de St-Hippolyte appartiennent à un affluent du Rhin.

Muni de ces résultats si caractéristiques, Duhamel n'hésita pas à déclarer que, du moment où il se montre du charbon sur un point d'une vallée, il existe, à quelques exceptions près, dans toute sa longueur, et qu'il est plus ordinairement visible à la partie supérieure des vallées que sur leurs flancs ou que dans leur partie centrale, parce qu'il est recouvert ici de dépôts plus récents. Enfin il résume ses observations par ces judicieuses réflexions : « Il y a donc lieu de présumer « que la nature a créé la houille en grande abondance, et « l'a distribuée assez généralement partout, mais qu'elle en « dérobe une partie à nos yeux, afin de nous forcer à être « économes de cette richesse importante, et de nous ménager encore de grandes ressources lorsque nous les croirons « épuisées. Si tous les préposés à la direction des mines « eussent été instruits, il n'y a pas de doute que nos connaissances seraient bien plus étendues sur cette partie si « intéressante de l'histoire naturelle. Les établissements se-

« raient bien plus multipliés, et nous ne serions pas tribu-
« taires de nos voisins pour des objets de première néces-
« sité. Malheureusement il faut aux hommes des siècles pour
« les éclairer! »

3. Quelques géologues pourraient être tentés de croire qu'en s'exprimant ainsi, Duhamel devançait en quelque sorte les idées de son siècle, et cependant ce serait faire une trop belle part à sa perspicacité. Alors, sous la bienfaisante impulsion des États provinciaux, la science avait déjà fait en France de très grands progrès, et si la Révolution n'était venue retarder une marche si prospère, en concentrant les savants dans la capitale, au grand détriment du pays, sans nul doute la patrie eût été singulièrement enrichie par ces observateurs, dont les forces eussent été en grande partie consacrées à en scruter le sol dans tous les sens.

Parmi ces États, il faut surtout citer ceux du Languedoc comme ayant pris la plus large initiative dans le grand mouvement intellectuel qui se manifestait de toutes parts dans notre pays. Le mineur Gensanne reçut entre-autres la mission de s'occuper de l'histoire naturelle de sa province; on ne pouvait, certes, pas faire un meilleur choix, et voici de quelle manière il résumait, de son côté, en 1776, ses aperçus sur l'extension des terrains houillers : « Les couches de houille
« suivent un alignement qui commence à St-Esprit, s'étend
« le long des diocèses d'Uzès, d'Alais, passe par la partie
« nord de ceux de Montpellier, de Béziers jusqu'aux envi-
« rons de Bédarieux. Ici cet alignement se partage en deux
« branches, dont celle de droite s'allonge vers le nord-ouest,
« passe par Graissessac et St-Gervais, à l'extrémité du dio-
« cèse de Castres, et se prolonge dans celui d'Alby. La bran-
« che gauche tire vers le sud-ouest du côté de St-Chinian et
« de Bise, et va se terminer vers Carcassonne. » (*Hist. Nat.*
« *du Languedoc*, t. III, p. 226.)

Voilà le degré de généralisation auquel le génie français avait conduit nos anciens mineurs. Leur théorie est entièrement conforme aux principes de la stratigraphie. Au mérite d'être aussi large que la théorie anglaise, elle joint celui d'être parfaitement indépendante des considérations paléontologiques. C'est celle que nous aurons en quelque sorte à développer dans le cours de ce travail; mais avant d'entreprendre cette tâche, il convient encore de faire voir comment les géologues français ont été enlacés au point de laisser tomber dans l'oubli des principes sanctionnés par la haute approbation de l'Académie des sciences, car elle avait couronné le Mémoire de Duhamel.

III. — *Idée allemande.*

4. En Allemagne Lehmann avait émis une série de considérations au sujet de la stratification. Dans son *Histoire des Terrains secondaires*, imprimée à Berlin, en 1756, il tentait la distinction des terrains en plusieurs époques; il plaçait entre autres dans l'ordre général d'ancienneté le terrain houiller entre deux terrains de grès rouge ancien; mais une hypothèse plus essentielle à notre point de vue, et énoncée par le même géologue, est celle de l'accumulation ordinaire des dépôts sédimentaires dans des bassins

Alors aussi, faute d'une expérience suffisante, les exploitants ne pouvaient pas encore soupçonner qu'au-delà du morceau sur lequel ils avaient établi leurs travaux, il pouvait s'en trouver un autre. Arrêtés par une faille, par un étranglement, ou par tout autre accident plus ou moins étendu, ils imaginèrent de considérer leur lopin comme un tout *in se teres atque rotundus.*

C'est donc à cette époque qu'il faut remonter pour trouver l'origine de cette vieille locution de *bassin houiller.* On ne dit point le *bassin*, mais le *dépôt*, la *formation*, ou le *ter-*

rain triasique, jurassique, crétacé d'une contrée, parce que la connaissance de ces subdivisions de l'écorce terrestre s'est faite à une époque où déjà l'on avait acquis des notions exactes au sujet de l'extension des roches sédimentaires. Tout au plus la sénile expression de *bassin* a été conservée à l'égard des terrains tertiaires, et encore la généralisation des études porte de plus en plus à renoncer à ce qu'il pouvait y avoir de trop exagéré dans la primitive acception du mot, si bien qu'il finira probablement par n'être plus en usage que pour désigner certains petits dépôts du genre des travertins, des tufs et des silices farineuses.

IV. — *Propagation de l'idée allemande.*

5. Quelle que soit la valeur des aperçus précédents, il n'en est pas moins vrai que l'idée de Lehmann fut reprise par Werner, et celui-ci ne voyageant guère, dut naturellement adopter l'expression consacrée, en lui donnant en même temps l'importance dont il savait revêtir ses propres conceptions. On connaît assez la valeur qu'il attachait aux diverses dispositions des couches, dans lesquelles il voyait des dépôts en *forme de voûte* (Buckel-fôrmig gelagert), de *manteau* (Mantel-fôrmig), de *selle* (Sattel-fôrmig), de *bouclier* (Schildel-fôrmig), de *bassin* (Mulden-fôrmig), et même de demi-bassin (Halb-mulden-fôrmig). C'est parmi les gisements en *bassin*, gisements *concaves, en fond de bateau*, que Werner rangeait les terrains houillers, et comme c'était à son école qu'allaient s'instruire les géologues de toutes les nations, ses dénominations ainsi que ses principes ne tardèrent pas à se répandre en France.

Ainsi, dès 1795 on vit Lametherie admettre sans difficulté que plusieurs mines de charbon ont été formées dans des lacs particuliers.

En 1808, Brochant, à son retour de Freyberg, déclara, d'une manière encore plus explicite, que les *montagnes à*

houille paraissent provenir d'une formation distincte de celle des autres roches secondaires; il admet d'ailleurs que ces dépôts n'ont pas été généraux, mais plutôt partiels et locaux, quoiqu'ils se présentent en beaucoup d'endroits.

En 1817, M. de Bonnard, autre élève de l'école wernérienne, trouve assez généralement adoptée en France l'opinion que le terrain houiller s'est presque toujours déposé dans d'anciens enfoncements formés par le sol primordial. Cette circonstance a fait donner le nom de *bassin houiller* à chacun de ces dépôts, dont les limites paraissent déterminées par la disposition des couches qui les constituent. On disait, ajoute-t-il, que la houille est une formation générale, parce qu'elle se présente partout avec les mêmes caractères, et ces caractères sont bien tranchés; mais elle pourrait bien n'avoir été produite que dans des lieux peu élevés et à l'aide des débris des montagnes environnantes. Enfin M. de Bonnard donne le nom de *formations circonscrites* à celles qui sont dans ce cas.

En 1819, d'Aubuisson vint également expliquer que les terrains de houille sont des remplissages de bas-fonds, placés dans des enfoncements, où ils se trouvaient par conséquent moins en prise à l'action des agents destructeurs; ayant d'ailleurs bientôt été recouverts et abrités par les débris éboulés des roches supérieures, ils ont dû s'y conserver plus longtemps, et telle est en partie la cause de l'existence des nombreux dépôts de houille que l'on trouve dans les fonds des vallées.

En 1823, la supposition de petites formations locales à l'égard de l'Allemagne et de la France, est de même mise en avant par M. de Humboldt. (*Ess. Géog.*, p. 207.)

Enfin M. Burat s'avance d'une manière plus affirmative encore : d'après lui, les dépôts houillers ont souvent pour caractère leur dispersion en bassins isolés, sporadiques et circonscrits, que leur position sur les régions littorales des

terrains de transition met au dernier terme de cette série géognostique. *(De la Houille, 1851.)*

6. On comprendra facilement que patronnée par des hommes aussi illustres, l'idée wernérienne dut être considérée comme étant le résultat d'un fait profondément étudié et par conséquent définitivement arrêté. C'est à ce titre qu'on la voit reproduite jusque dans les ouvrages les plus récents, comme, par exemple, dans l'*Explication de la Carte géologique de France.* Les amplifications devaient d'ailleurs se mêler à ces doctrines, car on voit M. d'Orbigny ne pas craindre d'énoncer que les couches houillères sont *purement terrestres* sur le grand plateau de la France centrale, depuis Autun jusqu'à l'Hérault, en passant par les départements de l'Allier, du Puy-de-Dôme, de la Loire, de l'Ardèche, la Creuse, de la Corrèze et de l'Aveyron. Pour appuyer cette manière d'envisager les faits, il suppose que cette partie formait déjà un vaste ilot terrestre pendant toute la durée du dépôt carbonifère. En effet, la considération du développement des fougères et des cycadées l'amène à croire qu'il fallait des pays montueux et accidentés; il s'autorise en outre du manque complet de fossiles marins, et regarde comme très difficile de croire à une formation riveraine ou peut-être lacustre, malgré les nombreux crustacés cyproïdes qui accompagnent les poissons d'Autun. Au surplus, pour qu'on ne m'accuse pas de mal interpréter la pensée de ce célèbre paléontologiste, je renverrai à la page 342 de son *Ccurs de Paléontologie.*

V. — *Développements ultérieurs de l'idée allemande.*

7. Il importe actuellement de faire remarquer que l'école wernérienne n'était nullement portée à pousser l'exagération de ses principes jusqu'à l'absurde. En présentant une manière de voir, elle savait fort bien s'accomoder avec l'évidence des

faits, et l'on en a la preuve dans les écrits de M. de Bonnard lui-même.

Ce savant est le premier à constater qu'il arrive que plusieurs bassins houillers dont chacun présente dans la disposition de ses couches des caractères particuliers, sont cependant liés entre eux par des portions de terrain de même nature, mais plus ou moins resserrées. Le tout forme ainsi une grande bande ou une zone, dont la direction générale est constante sur une étendue considérable. Cette forme existe en Belgique et au-delà du Rhin sur la Ruhr. Le bassin de de la Belgique se retrouve vers Dieppe sur le prolongement de sa direction. Sarrebruck et Montrelais sont situés sur une direction à peu près parallèle à la direction des terrains houillers de la Belgique. Le terrain houiller de la Loire-Inférieure (Montrelais) et de Layon existe sans interruption depuis le Pont-de-Vrin (Deux-Sèvres) jusqu'à Nort (Loire-inférieure), en traversant le département de Maine-et-Loire du SE au NO. Au SE il n'est pas exploité; au NO les bassins de St-Georges-de-Chatelaison, de Layon, de Mont-Jean, de Montrelais et de Nort alimentent des exploitations importantes sur une étendue de dix à douze myriamètres.

8. On le voit, dès cette époque la science se trouvait déjà singulièrement émancipée par l'admission de ces *zones houillères*, qui, pour les mineurs, correspondent aux *zones métallifères*, c'est-à-dire aux ensembles de filons courant parallèlement, et comme à l'envi les uns des autres, sur de grandes étendues de pays. En se combinant avec les données des géologues d'outre-Manche, l'hypothèse allemande admettait que les dépôts houillers des bords du Rhin ainsi que de la région anglaise comprise entre Edimbourg et Glascow, ont été effectués dans de longs détroits; que ceux de la partie sud de l'Angleterre furent formés dans de vastes golfes, et que de plus la liaison des couches charbonneuses qui s'étendent

du Pas-de-Calais à Aix-la-Chapelle, avec celles du Luxembourg et de Deux-Ponts, offre toutes les conditions requises pour être regardée comme un fait très probable. On ne sera donc nullement surpris de voir le génie généralisateur de M. Elie de Beaumont entrer dans cette voie pour déclarer que de l'Ardenne au pays de Galles et de l'Ecosse, s'étendaient à cette époque des bras de mer, dans lesquels se sont formés le calcaire carbonifère, qui contient un grand nombre de restes marins, et après lui le terrain houiller du nord de la Belgique et d'une partie de l'Angleterre. Ce n'est d'ailleurs pas seulement sur la présence du calcaire carbonifère qu'il base cette opinion ; la régularité du terrain houiller de Valenciennes le conduit à reconnaître encore, dans les phénomènes qui ont produit les couches septentrionales, une unité d'action qui est parfaitement d'accord avec la supposition de son dépôt dans un bassin maritime.

En cela, l'illustre géologue faisait remonter jusqu'aux anciennes époques paléozoïques l'unité de la France et de l'Angleterre, déjà admise antérieurement à l'égard des terrains tertiaires et secondaires. Cependant ces généralisations ne devaient pas faire délaisser entièrement l'idée des bassins circonscrits, tant est puissante la force des habitudes acquises. Les zones houillères étaient toujours considérées, pour le centre de la France, comme n'étant que le résultat probable de plusieurs dépôts partiels de matières végétales qui furent accumulées çà et là, à la même époque, dans de longues et larges vallées, comprises entre des chaînes longitudinales ainsi que dans les petites vallées qui y aboutissent. Au surplus, pour donner des preuves convaincantes de cette hésitation des esprits, il suffira d'extraire de l'*Explication de la Carte géologique de la France* quelques passages où les célèbres auteurs de cet immense travail laissent ressortir en entier le fond de leur pensée.

En dehors de la zone maritime définie précédemment, ces géologues reconnaissent un contraste important par rapport à la nappe du nord. Les bassins de Sarrebruck, de Littry et d'Autun, avec leurs schistes bitumineux et leurs poissons; ceux de Villé, de Ronchamp, de Sincey et de Saint-Gervais, avec leurs nombreux traits de ressemblance, montrent qu'à l'époque du terrain houiller une grande uniformité a dû régner dans l'état des choses sur la majeure partie du pays. Ces divers bassins étaient probablement isolés les uns des autres par des espaces découverts, mais sur lesquels serpentaient des cours d'eau dans lesquels remontaient les poissons des genres *Palœoniscus* et *Amblypterus.* Le sol de notre patrie était ondulé, entrecoupé de protubérances, telles que la Lozère, le Ballon d'Alsace, le Hundsruck, et de dépressions envahies par des lacs, par des marécages, ou par des lagunes qui sont devenus des bassins houillers. Ces bassins devaient être plus nombreux et à bords moins adoucis que ne le sont les bassins des lacs dans aucune partie des continents actuels; les courants diluviens, dont il n'y avait pas eu d'exemples très développés, n'avaient pas façonné des vallées régulières comme celles des fleuves et des lacs de notre époque. Les creux des continents, ainsi que les montagnes d'alors, avaient conservé toute la rudesse imprimée par les dislocations et les anciens mouvements du sol. C'était sur ces ruines presque intactes de l'état de choses antérieur que croissaient les forêts d'équisétacées, de lépidodendrons, de sigillaria, de conifères, qui ont fourni la matière première de la houille.

Cette différence du régime des deux classes de bassins houillers dont nous venons de parler, ajoutent en terminant nos deux célèbres ingénieurs, n'est pas seulement un fait des plus curieux pour la science : elle intéresse aussi à un haut degré l'avenir de l'industrie minérale par les idées qu'elle

peut suggérer relativement aux liaisons souterraines supposables entre les divers bassins. En effet, les dépôts formés dans des bassins circonscrits n'offrent que peu de chances de se continuer à de grandes distances au-dessous des dépôts plus modernes. Mais les dépôts établis dans des bassins maritimes sont en général beaucoup plus uniformes et susceptibles de beaucoup plus d'étendue, lorsqu'ils n'ont pas été bouleversés ou détruits, et l'on peut s'attendre à les rencontrer au-dessous des terrains secondaires, jusqu'à la ligne des anciens rivages de la mer qu'ils ont comblés.

J'ai dû citer à peu près textuellement les passages les plus essentiels des divers auteurs qui ont traité de la forme des dépôts houillers, afin de ne point altérer le sens de leurs idées. Il reste maintenant à discuter la valeur de leurs données, et c'est à ce travail que seront consacrés les chapitres suivants.

CHAPITRE II.

DISCUSSION DES ANCIENNES IDÉES AU SUJET DES DÉPÔTS HOUILLERS.

9. Les détails qui précèdent suffisent pour faire comprendre que certains arrangements de la formation houillère sont tels qu'ils ont pour ainsi dire amené à comparer les bassins houillers de la France à autant de capsules remplies de combustible et disséminées çà et là d'une manière souvent irrégulière. Toutefois le géologue ne doit pas s'arrêter aux premières apparences. Son devoir consiste à discuter les divers détails qui peuvent donner prise à des raccordements, ou faire modifier des idées de localisation incompatibles avec les grandes lois qui président aux arrangements de la nature. Il importe donc dès à présent de reprendre les points fondamentaux de

la question, afin d'établir que les bases admises à l'égard des terrains houillers n'ont pas une valeur irréfragable. Dans ce but, je vais faire ressortir les diverses causes qui ont contribué à la propagation de l'idée de la circonscription des bassins. Ces causes, pour avoir si longtemps fasciné les plus éminents géologues, devant naturellement être nombreuses et complexes, il s'agit de bien les classer et de les faire ressortir de manière que l'on ne puisse pas me reprocher quelques ambiguités à la fin de mon travail. La suite fera voir si j'ai été assez heureux pour accomplir convenablement ma tâche.

VI. — *Erreurs provenant des gisements inconnus.*

10. L'ignorance dans laquelle on se trouvait à Paris au sujet de l'existence d'un assez grand nombre de dépôts houillers, est un premier point qui doit fixer l'attention, parce qu'il n'a pas peu contribué à faciliter l'introduction de la théorie allemande. Les limites de plusieurs autres gisements étaient également mal définies, et sans m'écarter de l'espace qui me touche de près, je puis fournir un assez grand nombre de preuves à l'appui de mon assertion ; on sera ensuite libre de conclure proportionnellement pour le reste de la France.

A l'égard de nos environs, on ne connaissait pas dans la capitale les dépôts de Sainte-Paule, de l'Arbresle et de Courzieux. Cette circonstance résulte probablement de ce qu'ils n'ont pas donné prise à l'impôt que l'État doit légitimement percevoir sur toute exploitation donnant bénéfice. Cependant quelques-uns de ces gîtes avaient été l'objet de travaux assez importants de la part des concessionnaires de Chessy ; d'autres tentatives de reprise eurent lieu après un premier abandon, et, appelé à en faire comprendre, soit l'inutilité, soit les dangers d'insuccès, j'ai pu faire connaître leurs caractères aux illustres auteurs de la *Carte géologique de France*, qui

ont daigné insérer mes détails dans le tome I[er] de l'*Explication*, p. 553.

De même on ignorait ce que l'on sait maintenant au sujet des couches de Chamagnieu, de Vienne, de Ternay et de Chonas, qui sont placées à la file les unes des autres, dans le Bas-Dauphiné. Cependant, vers 1770, M. de Nantes avait fait exécuter quelques recherches sur celle de Chonas ; à la fin du siècle précédent, M. Gelas fit établir un sondage à peu près dans le même endroit. En 1839, quelques petits puits furent encore foncés sur ce point par MM. J. Morin, Mognin et Jury; enfin la localité est en ce moment même l'objet des recherches d'une nouvelle compagnie. Quant aux autres points de cette ligne, je dois renvoyer à ce que j'ai déjà dit au sujet de leur découverte parmi mes détails préliminaires.

En regard de la zone dauphinoise, est situé le dépôt de la Loire, qui a été étudié par une commission composée d'ingénieurs des mines, placés sous la direction de M. Beaunier. Cette commission, instituée en 1812, acheva son travail en 1816. Parmi les résultats de cette grande investigation, il importe de rappeler que la limite du gisement fut établie un peu au nord-est de Tartaras, et M. Gruner a arrêté sa carte précisément au même point. Il n'en est pas moins vrai qu'en 1772 MM. Robichon frères, de Givors, ont exploité une couche de houille à Montrond, village situé au nord-est de Dargoire; et dans le moment actuel, une compagnie est occupée à la reprise de ce lambeau, qui n'est séparé des autres mines de Rive-de-Gier que par de simples petites érosions survenues dans la partie la plus étranglée de la zone entre Tartaras et Saint-Romain-de-Gier. Le terrain houiller se prolonge donc bien au-delà des limites arrêtées par M. Beaunier. La *Carte géologique de France* a modifié les indications à cet égard, mais d'une manière

encore incomplète, et l'on verra par la suite comment l'ensemble doit se rattacher à la zone transversale qui s'étend de Chonas à Chamagnieu.

On n'admettait en 1841 que trois bassins houillers dans le département du Var : celui des vallées du Reyran et de Biançon, celui du Plan-de-la-Tour et celui de Collobrières. Cependant M. Grognier, directeur des mines de cette localité, a signalé l'existence d'un autre lambeau, situé sur un affluent du Gapau et près du ruisseau de l'Argentière, à côté de la route de Collobrières à Hyères. D'ailleurs on connaissait depuis longtemps le terrain houiller de Toulon, que l'on voit dans les fossés du fort Lamalgue, et dont l'affleurement n'a pas moins de deux kilomètres de longueur. Ce gîte, que M. de Roys a rappelé à l'attention des géologues en 1845, est actuellement l'objet de nouvelles recherches.

Le terrain de Graissessac, dans le département de l'Hérault, a été arrêté un peu trop brusquement par M. Garella, ingénieur des mines. Une nouvelle étude faite par M. Graff a démontré qu'il contourne les saillies du terrain de transition depuis la Tour jusqu'au-delà du Mas-Blanc, de manière à indiquer un rapide épanouissement sous les terrains secondaires des environs de Lodève et de Bédarrieux.

On supposait que les bassins houillers de Saint-Eloi et des Gouttières près de Montaigut étaient séparés par une lacune placée à la Croisette. La continuité de ces masses est un fait qui est maintenant du domaine public, et je donne dans mes cartes un tracé plus exact, dont on est redevable à M. Poyet, anciennement attaché à la direction des mines de Pont-Gibaud.

11. Ces exemples, auxquels viendront s'en ajouter quelques autres par la suite, suffiront pour faire comprendre comment la connaissance des gisements se complète de jour en jour de manière à donner plus d'importance à certains dépôts.

En même temps la multiplication des lambeaux houillers vient à l'appui de leur ancienne connexion. En cela donc le géologue qui aura découvert un point houiller nouveau, quelque exigu qu'il soit, aura rendu un service bien autrement important que s'il avait mis la main sur un bouton crétacé ou tertiaire. Ceux-ci pour le moment sont encore du domaine des abstractions scientifiques; les autres touchent de près à ce que l'on a appelé le *pain quotidien de l'industrie.* Il n'est donc point ici question ni de subtilités, ni de vaines chicanes. En signalant des lacunes dans nos cartes géologiques, je n'ai en aucune façon la prétention de faire planer un soupçon de négligence sur leurs auteurs. Géologue moi-même, je sais suffisamment à quel prix on arrive à découvrir ces parties isolées sur le sol si accidenté de la France, et je ne fais qu'indiquer une pénurie qui tient bien plus à la nature des choses qu'à la volonté des hommes. Je dois même rappeler que l'administration des mines, profondément pénétrée de l'importance ainsi que des difficultés du sujet, a, depuis une vingtaine d'années, recommandé à MM. les ingénieurs de s'occuper de l'étude détaillée de nos dépôts houillers. Le premier pas est donc fait. Cependant il est permis de croire que par le travail de l'ensemble des géologues on arriverait à des résultats plus immédiats, et, pour les obtenir, il suffirait d'établir une sorte de concours, auquel chacun serait convié et se trouverait encouragé à exhiber ses documents. Du moment où l'on appelle avec tant d'apparat les diverses industries du pays à des réunions solennelles, on ne voit pas pourquoi on n'exciterait pas d'une manière non moins libérale aux découvertes concernant le combustible qui en est la base; et, tout bien considéré, je crois que ce serait le meilleur des moyens pour arriver à une prompte réalisation du désir manifesté par M. Elie de Beaumont, quand il a dit: « La connaissance des limites de

cette ancienne mer (houillère) est un des tributs les plus importants que la géologie puisse être appelée à fournir à l'industrie française. »

VII. — *Erreurs provenant du recouvrement partiel des terrains houillers.*

12. Il ne suffit pas d'avoir signalé divers gisements oubliés ou atrophiés sur les cartes pour faire reconnaître l'exagération des impressions provenant de l'apparente dispersion de nos dépôts houillers; il convient encore de rechercher scrupuleusement les causes de la prétendue exiguité de nos formations ainsi que de la disparité qui existe entre l'agglomération anglaise et la dispersion française, afin de voir si, tout bien considéré, ces différences ne proviendraient pas de causes indépendantes de la création des gîtes respectifs. Dans ce but je dois faire ressortir immédiatement une particularité qui a largement contribué à faire admettre la théorie illusoire de la pauvreté houillère du pays.

Par suite d'une circonstance capitale et cependant bien peu appréciée, il est arrivé que rarement les terrains houillers se trouvent soulevés à de grandes hauteurs comparativement aux roches voisines. Ce fait est général pour l'Europe; on avance même dans quelques Mémoires que les plus riches dépôts de l'Angleterre ont une altitude négative plutôt que positive. Ceux de Withehaven sur le bord de l'Océan, sont connus, dit-on, sur une étendue de plus d'un kilomètre au-dessus des eaux et à une profondeur d'environ 200 mètres au-dessous du fond de la mer.

En acceptant ces indications comme ayant une valeur réelle, on aurait en France des gisements plus élevés. Près de Rive-de-Gier, le puits du Logis-des-Pères se maintient dans le terrain houiller jusqu'à 25 mètres au-dessous du niveau de la mer; et non loin de là, au nord de St-Chamond, le même

terrain forme le sommet du Mont-Crépon, dont l'altitude est de 821 mètres. C'est là le point le plus élevé des environs, car le Mont-Salson, qui surmonte l'ensemble du plateau de Saint-Etienne, n'a lui-même qu'une hauteur de 725 mètres.

Cependant ce Mont-Crépon est dominé à son tour par les sommités primordiales de la chaîne de Riverie, dont il fait partie. Ainsi l'on a successivement:

Signal de Pierre-la-Boche.	875 mètres.
Cîme au sud-ouest de Lamure . . .	950 »
Montagne de Ladrière.	906 »
Cîme à l'est de Moreau	897 »
Sommité à l'ouest de Senevas . . .	891 »

De même, au sud du bassin de la Loire, s'élève parallèlement à la chaîne de Riverie, celle du Pilat, dont le point culminant du Crêt-de-la-Perdrix se trouve à l'altitude de 1450 mètres.

Des rapports du même genre se manifestent dans les Vosges, dans les montagnes autunoises, dans les Cévennes, dans le système de la Montagne-Noire, dans l'Auvergne, dans le Bourbonnais, ainsi que dans les Alpes, où jamais le terrain houiller, quelque haut placé qu'il soit, ne constitue les véritables sommités de la contrée.

Cette différence du niveau de nos terrains anciens et de nos terrains houillers est l'indice manifeste d'une modification profonde qui est survenue chez nous dans la constitution interne du globe, immédiatement après l'établissement des formations désignées autrefois sous le nom de terrains de transition. Avant le terme de leur sédimentation, des réactions intenses de l'intérieur sur l'extérieur, se décélaient non seulement par des soulèvements plus forts que ceux qui les suivirent immédiatement dans la hiérarchie des dislocations de l'écorce terrestre, mais encore par des métamorphismes

intenses, qui devinrent de plus en plus rares à dater de l'époque de l'établissement des dépôts houillers. Nous aurons donc à revenir sur quelques-unes de ces circonstances; pour le moment il suffira de faire ressortir une conséquence qui dérive plus directement de l'état d'abaissement relatif qui existe entre les systèmes anciens et les systèmes plus modernes.

13. Dès que l'on est amené à comprendre qu'en vertu de causes primordiales, des portions de l'écorce terrestre se trouvaient exhaussées d'une quantité quelconque au-dessus du niveau des anciennes mers, on doit concevoir aussi que les sédimentations postérieures à leur érection ne pouvaient s'effectuer autrement qu'autour de leur base, et naturellement encore les plus anciennes ont dû se placer au rang le plus bas. Telle est la position prise par la houille. Plus tard sont arrivés les matériaux des terrains permiens et triasiques, des vastes nappes jurassiques et crétacées, puis ceux des ensembles nummulitiques et tertiaires. Cela étant, on admettra volontiers que ces dépôts ont dû tendre à masquer les terrains houillers de telle sorte que, sans le concours de quelques autres réactions postérieures, leur existence aurait pu rester parfaitement inconnue.

A cet égard divers faits viennent démontrer que le sol a été de tous temps très peu stable, de manière qu'il s'est produit des affaissements d'un côté, tandis qu'ailleurs survenaient des exhaussements correspondants. Ces mouvements se renouvellent même dans la période actuelle. En effet, il est parfaitement établi que les côtes méridionales de la Baltique s'abaissent en même temps que celles de la Suède s'élèvent. En étudiant d'ailleurs ces dénivellations sur une plus grande échelle, on arrive à retrouver les traces du séjour des eaux à des hauteurs très inégales dans les diverses contrées.

A l'Altenfiord ces traces sont élevées à 68 mètres au-des-

sus du niveau actuel des mers voisines, et dans le midi de la Norwége on a pu constater des exhaussements de près de 200 mètres.

En Ecosse le progrès ascensionnel des terrains a été de 360 mètres, et dans le pays de Galles il a été porté au total de 424 mètres.

Dans le Cornouailles ces traces se trouvent au contraire à une faible hauteur.

Indépendamment de cette inégalité dans la quantité d'émersion des terres de la Scandinavie, du Spitzberg et des Iles Britanniques, on remarque une autre circonstance non moins capitale, en ce sens que des étages de niveau viennent prouver le fait d'un stationnement temporaire sur certains points, lequel a été suivi d'ascensions lentes ou brusques sur d'autres. Encore faut-il ajouter que les belles observations faites par M. Bravais à l'Altenfiord ont démontré que le parallélisme horizontal de ces lignes de niveau est simplement apparent, et que l'écorce terrestre a eté réellement rompue ou ployée çà et là.

En admettant dès à présent avec nous des effets du même genre pour les époques qui ont succédé à celle de la sédimentation houillère, on arrivera nécessairement à conclure que certaines superpositions ont dû être transgressives sur un point et rétrogressives quelque part plus loin. En d'autres termes, ici le terrain houiller sera complètement masqué et même débordé par l'une ou l'autre des formations subséquentes, et là, au contraire, il se trouvera à nu. Les mouvements en question s'étant d'ailleurs combinés de manière à ne faire apercevoir que de minimes parties houillères, on comprend que celles-ci ont pu, au premier aspect, être prises pour des formations essentiellement bornées. On comprend aussi comment, en raison de leur exiguité, elles ont laissé accréditer l'idée dont je cherche à débarrasser la

science ainsi que l'art des mines, parce qu'elle n'est que le résultat d'une illusion occasionnée par des apparitions clair-semées et restreintes au milieu des superpositions transgressives et rétrogressives des autres terrains.

Si d'ailleurs l'on se reporte, soit à l'Angleterre, où la superficie houillère occupe la vingtième partie de la surface du pays, soit à la Belgique, où elle se développe sur sa vingt-quatrième partie, tandis qu'en France elle n'en est que la deux-centième partie, on sera en droit de déclarer que la différence a dépendu essentiellement des intensités respectives de ces oscillations du sol. Dans les deux premiers pays elles ont été de force à placer immédiatement de grandes parties de la formation au-dessus du niveau des anciennes mers. Sur notre territoire, au contraire, où les dépôts secondaires et tertiaires occupent une vaste surface, les mouvements ayant été plus faibles et probablement plus complexes, il en est résulté des *découverts* peu étendus en comparaison des recouvrements.

14. Il est temps de passer de ces aperçus théoriques à l'exposé des faits, autrement on serait en droit de me taxer d'une logomachie bien opposée à la concision des partisans de l'enmagasinement circonscrit de la houille. On sait assez qu'ils sont dans l'habitude de formuler leur opinion avec l'élégant laconisme d'un axiôme de la géométrie élémentaire.

On remarquera donc que le mineur n'est nullement astreint à se maintenir dans les bornes indiquées par le genre de tracé inhérent à la confection d'une carte géologique, sur laquelle on arrive très souvent à limiter le dépôt charbonneux par une circonvallation de roches plus modernes. Bien souvent les galeries le conduisent jusque sous ces couches superposées, sans qu'il perde de vue les masses qui font l'objet de ses travaux, et s'il se trouve arrêté, ce n'est pas toujours par les véritables bornes de son champ d'exploita-

tion. Quelquefois l'amincissement des bancs ne lui permettant plus de soutenir la dépense, il est obligé de renoncer à sa tâche. La nature de la houille peut encore se modifier au point de ne constituer qu'un produit d'un débit difficile. Enfin l'abondance des eaux ainsi que la profondeur des entailles deviennent pour lui autant d'obstacles insurmontables.

Cependant aucun de ces accidents ne constitue une *limite* dans le sens géologique de l'expression, et cela est si vrai, que des recherches mieux dirigées, des appareils d'extraction ou d'épuisement plus nerveux, des modifications dans les grilles des fourneaux, des hausses dans le prix de la marchandise ont très souvent permis de reprendre avec avantage les mines délaissées. Au surplus ces causes d'arrêt qui peuvent survenir dans les mines, étant commerciales ou industrielles, le temps les modifie au gré des besoins, et bien rarement l'ordonnance naturelle met en défaut des travaux convenablement disposés.

15. Pour ne laisser planer aucun sujet de doute sur ces assertions, il me reste à citer divers points où l'on pourra observer ces plongées du terrain houiller sous les systèmes sédimentaires plus récents.

Sur le revers oriental des Vosges, le terrain houiller s'enfonce dans les grès rouges ou vosgiens à Villé, à St-Hippolyte et au Hury. Il en est de même sur le revers occidental près de Lalaye; enfin, à l'extrémité méridionale de la chaîne, les couches de combustible de la Haute-Saône et du Haut-Rhin sont également recouvertes par les grès rouges, puisque diverses exploitations s'étendent au-dessous de ces derniers.

Quelquefois c'est le grès vosgien qui vient anticiper directement sur les grès houillers, ainsi que cela a lieu à la base du Mont-de-Vanne entre Melisey et Ronchamp.

A Sarrebruck ainsi que dans le bassin de Saône-et-Loire,

ce sont les grès bigarrés qui servent de couvercle. Autour de Blanzy et du Creusot, quelques puits ont atteint le houiller au travers de ces grès plus modernes. Il en est de même pour le terrain de Graissessac.

Autour d'Alais on a remarqué principalement la superposition des terrains jurassiques.

Près de Valenciennes, le terrain houiller se trouve immédiatement sous le terrain crétacé par suite d'une extension transgressive qui laisse en arrière le terrain jurassique.

A Ternay ainsi qu'à Chamagnieu (Isère), c'est sous la molasse que disparaissent les affleurements houillers.

Aux environs de Doué (Maine-et-Loire), le recouvrement est effectué par les alluvions de la Loire, de même que l'extrémité nord-est du bassin de la Loire disparaît sous le cailloutis de la petite plaine de Givors.

Enfin, pour multiplier les exemples, on pourrait encore citer les stations du Plessis (Manche), de Littry (Calvados), de Decise (Nièvre), de Schœnecken (Moselle), de Carmeaux près d'Alby, de Brives, ainsi que diverses autres localités.

Cependant quelques directeurs de mines, peu au courant de ces faits capitaux, ne se livrent qu'avec la plus excessive timidité à des recherches au-delà du périmètre déterminé par l'allure des roches secondaires. Il n'en a pas toujours été de même : la conviction profonde de l'extension souterraine du terrain charbonneux a heureusement fait naître sur d'autres points des travaux quelquefois gigantesques et d'autres fois empreints d'une sagacité remarquable. Anzin n'existerait pas sans le génie observateur et tenace du mineur Vicomte des Androuins : il a su entrevoir dans les nappes belges les caractères de véritables affleurements de couches dont la prolongation devait conduire aux environs de Valenciennes sous les *morts-terrains*, qu'il a fallu percer avec d'incroyables efforts. Les obstacles que l'on s'atten-

dait à rencontrer dans l'attaque du terrain de Doué, au travers de la nappe d'eau contenue dans le cailloutis du bassin de la Loire, ont également amené le mineur M. Triger, de Nantes, à produire une des plus belles applications physiques des temps actuels. Son heureuse idée de combattre l'invasion des eaux, à l'aide d'une augmentation de la pression atmosphérique, constitue un perfectionnement appelé à jouer un rôle important dans l'art des mines. Le succès a couronné les efforts de l'un et de l'autre; pourquoi donc reculerait-on désormais devant des entreprises du même ordre, ayant pour elles la garantie d'études sérieuses au sujet de l'ensemble des localités à explorer industriellement?

VIII. — *Erreurs provenant des failles et des crains.*

16. Les failles doivent être classées parmi les causes qui accréditèrent l'hypothèse de la circonscription des bassins houillers, puisque ces ruptures des couches ont été accompagnées d'un déplacement quelquefois considérable des fragments. Voici divers exemples de ces dénivellations:

Entre Greenside et Sandgate dans le Durham et Whitby dans le Northumberland, un glissement a abaissé la partie nord des couches de 165 mètres;

Dans le Bardenberger-Revier, en vertu d'un rejet, les fragments d'une couche ont surgi verticalement, de la profondeur de 130 mètres;

A Eschweiler, d'après Schulz, les couches de la partie ouest sont descendues d'au moins 290 mètres; dans le même canton, une autre faille produit un ressaut de 195 mètres;

A Lalaye dans les Vosges, M. Voltz a constaté l'existence d'une suite de crains qui ont fait glisser les traces du terrain houiller du haut de la montagne jusqu'à 60 mètres au-dessous du sol du vallon.

Ces solutions de continuité des terrains houillers ont

plusieurs fois intimidé les exploitants au point de leur faire croire qu'ils étaient arrivés à l'extrémité de leurs couches, et une erreur de ce genre a été pendant longtemps admise pour les environs de Blanzy. Parmi les failles nombreuses dont cette partie du terrain houiller de Saône-et-Loire est entrecoupée, il en est une qui est connue sous le nom de Pied-droit, et qui se distingue par une certaine amplitude, quoique le transport qui en est résulté ne s'élève qu'au taux de 20 mètres et au plus de 40. Cette ligne de disjonction passe entre les puits de la Pelouse et des Cinq-Sous, laissant de côté ceux de la Maugrand et de la Vieille-Pompe, pour aboutir au puits Ravez, etc.

Au Montceau, ce rejet a limité les exploitations jusqu'à ce qu'enfin les idées au sujet de la nature de ces accidents ayant été mieux élaborées, on a pu se hasarder à franchir cette barrière. Cependant, chose singulière, cet obstacle, si longtemps regardé comme infranchissable, est à peine connu; les particularités de son allure qui pouvaient fournir quelques données utiles à l'art des mines en général, et aux exploitants de la localité en particulier, n'ont en aucune façon excité leur curiosité; nul mineur ne peut donner de renseignements positifs à son sujet, et l'avenir exigera sans doute moins d'inattention.

Quoiqu'il en soit, si de simples phénomènes de ce genre ont pu faire croire pendant quelque temps à des délimitations de couches houillères, on comprendra facilement que des complications de rejets ont dû singulièrement embrouiller les idées de certains exploitants. Je me souviendrai toujours de la perplexité d'un concessionnaire de St-Etienne, qui, pour me démontrer que les troubles de son champ d'exploitation ne suivaient aucune loi, me montra un plan fort exact, dressé par son géomètre, et sur lequel deux systèmes de dislocations se croisaient avec le parallélisme le plus remarquable, de

manière à diviser sa nappe en plusieurs fragments à peu près rectangulaires. Chacune de ces parcelles constituant pour lui un dépôt spécial, il n'avait trouvé rien de mieux à faire que d'établir plusieurs puits très rapprochés les uns des autres, afin de ne laisser échapper aucun de ses bassins circonscrits. Cet homme était cependant intelligent; l'hypothèse admise au sujet de la structure du bassin de Saint-Etienne l'avait seule jeté dans l'aberration, et je n'eus pas de peine à lui faire comprendre comment il aurait pu économiser une partie de ses frais de fonçage en acceptant les résultats bien plus simples et plus rationnels des dislocations et des failles.

17. Il est hors de doute que la diffusion des connaissances géologiques a singulièrement contribué à diminuer l'influence des erreurs de ce genre; mais comme celles-ci étaient faciles à commettre à l'époque de l'introduction de la théorie des bassins circonscrits, je n'ai pas dû manquer l'occasion d'en signaler des exemples. On remarquera aussi que les ruptures du sol ont acquis une certaine portée en vertu de l'ancienneté de la formation houillère; elle a dû par cela même supporter l'action d'un bien plus grand nombre de secousses que les formations plus récentes, et à ce seul titre la chance de trouver des parties isolées est déjà bien plus grande pour la première que pour les autres.

Ce morcellement pur et simple s'est d'ailleurs compliqué de quelques autres causes qui ont achevé l'œuvre des soulèvements. Un terrain fendillé donne partout prise aux agents destructeurs, quel que soit leur mode d'action. Une brèche facilite la démolition, et une multitude de brèches prédispose à une destruction plus complète. C'est donc sur cette réunion d'effets que nous allons surtout fixer l'attention.

IX. — *Erreurs occasionnées par l'incohérence des terrains houillers.*

18. Parmi les considérations précédentes, il en est une qui a principalement porté sur les recouvrements de la formation houillère. La condition inverse, c'est-à-dire celle où un dépôt a été laissé à nu, est soumise à des relations d'un autre ordre qu'il s'agit également de faire ressortir.

Dans ce but, imaginons pour un moment un gîte houiller nettement dégagé sur tous ses flancs, et demandons-nous si l'on peut être autorisé à le considérer comme étant nécessairement le produit d'une formation locale.

Sans doute la supposition est permise; cependant pour arriver à une pareille conclusion, il faut faire abstraction d'une donnée géologique, à laquelle de consciencieuses études font acquérir chaque jour plus d'importance. En effet, les terrains houillers ont été assujettis à subir les conséquences inévitables de l'action du temps, dont on comprendra l'énergique travail du moment où l'on se reportera à la constitution de leurs roches.

Celles-ci se composent principalement de grès, d'argiles schisteuses et de houille.

La houille est tendre, friable et sujette à être impressionnée par l'air; donc elle s'altère facilement, et quand on a vu l'état de désagrégation profonde de certains affleurements, on se rend aussitôt compte de la manière dont des portions considérables de bancs ont dû céder à l'effet des intempéries.

Les argiles schisteuses se délitent encore plus rapidement au contact de l'air; elles se gonflent par l'humidité, s'émiettent au soleil; les pluies entraînent ensuite ces esquilles, si elles ne les délayent pas pour les emporter à l'état de limon.

Enfin les grès houillers sont en général composés de grains

sableux, liés entre eux par un ciment peu tenace. Ils contiennent aussi beaucoup de débris feldspathiques, sujets à la pourriture kaolinique. De là cette incohérence bien connue qui a fait désigner sous le nom de *murbe-sandstein* une bonne partie de ces roches. Dans cet état l'eau peut également les détremper et les décaper.

Ainsi donc les terrains houillers renferment en eux tous les germes d'une désorganisation expéditive et foncière. Ils n'ont rien de cette cohésion en vertu de laquelle certains calcaires se maintiennent à l'état de falaises abruptes. Il suffit d'ailleurs d'avoir examiné la rapide altération de la sculpture de quelques monuments dont les pierres de taille proviennent des carrières établies dans les terrains houillers pour ne plus mettre en doute la vérité de nos assertions.

Or, si les roches en question se laissent pulvériser grain à grain, pour ainsi dire sous nos yeux, que devons-nous penser de la démolition qui a dû survenir depuis le début de la période actuelle? Et si l'on se souvient qu'elle a été précédée par un grand nombre d'autres périodes géologiques, dont chacune a été d'une immense durée, on n'hésitera pas à accorder une large part aux influences météorologiques dans le fractionnement des terrains houillers.

19. Cependant à côté de ces actions destructives journalières, il faut encore en ranger une autre, dont la puissance plus grande ne doit pas être passée sous silence. Je veux parler ici de ces puissants torrents diluviens, glaciaires ou non, dont les ravages se manifestent partout sur la surface de la France. Leur sauvage impulsion n'a respecté aucune roche; les plus solides ont été écornées comme les plus tendres, et les monolites ainsi que les sables, provenant de leur destruction, accumulés çà et là sur les plaines, en attesteraient au besoin toute l'énergie. Cependant ce n'est pas seulement dans les délaissés qu'il s'agit de chercher les preuves des démolitions

effectuées par ces courants désordonnés. Pour arriver à dépeindre avec quelque exactitude le rôle qu'ils ont joué dans la ciselure de la surface terrestre, il faut encore examiner sur place les vastes brèches qu'ils ont ouvertes çà et là dans les hautes murailles jurassiques, dans les puissants escarpements néocomiens, dans les nappes basaltiques et jusque dans les masses granitiques.

Ces sortes de décapages, tant diluviens qu'atmosphériques, ont d'ailleurs dû affecter plus profondément les roches sableuses que les autres. C'est ainsi que les conglomérats et les molasses tertiaires se montrent souvent ravinés de la manière la plus singulière et la plus démonstrative. M. le docteur Courbis m'a fait connaître quelques anses de la rive gauche de l'Eyrieux près du Pape, dans lesquelles des lambeaux de molasses tertiaires marines se trouvent complètement isolés de la grande nappe du département de la Drôme.

Les grès quarzeux infraliasiques, jusqu'à présent si souvent confondus avec quelques autres formations sous le nom collectif d'arkoses, affectent également des positions qui pourraient paraître bizarres, si l'on perdait de vue les déchiquetures dont ils ont été l'objet. Ce n'est que sous l'abri d'un épais manteau calcaire, ou encore quand ils ont été soulevés sur de hautes sommités, qu'ils ont pu échapper à la puissance destructive des lames. Aussi en retrouve-t-on les principaux lambeaux dispersés çà et là sur les sommités des montagnes autunoises et beaujolaises, comme, par exemple, à Chatel-Moron, au Mont-Saint-Vincent, à Saint-Vallier, à la forêt de la Planaise et à Avenas.

Enfin les grès bigarrés et vosgiens peuvent encore offrir des types du même ordre. Il faut avoir vu les fantastiques rochers, les piliers gigantesques avec leurs chapiteaux surplombants, les apparentes fortifications bastionnées, les architectures grotesques des environs de Dahn et d'Erlenbach

près de Wissembourg, pour comprendre toute la portée des érosions sur la dernière de ces formations, dont les parties les plus fortement cimentées sont seules restées debout.

Le terrain houiller, déjà si essentiellement apte à se prêter à la désagrégation, et pour lequel le ciment joue un rôle beaucoup moins important, a dû, à plus forte raison, subir de profondes dégradations. Nul géologue, je crois, n'a pu admirer un vrai précipice houiller. Ici les pilastres, les tours et autres accidentations rocheuses n'existent pas. Des collines émoussées, des croupes arrondies, des pentes adoucies, sont, à peu de chose près, les seules formes que l'on y rencontre, et quelques abruptes un peu plus prononcés ne peuvent pas être invoqués, car ils s'effacent dans le monotone ensemble d'un pays à mines de charbon.

20. Au surplus les observations de ce genre, qu'il est facile de multiplier à satiété, conduisent à une autre conclusion également capitale pour la question. En effet, si les roches susmentionnées se sont laissé ébrécher si facilement par le dernier des cataclysmes diluviens, elles ont dû également se prêter à l'action des causes analogues qui sont survenues dans les périodes géologiques antérieures, et rien n'empêche d'admettre des mouvements torrentiels très anciens, par lesquels les érosions du terrain houiller ont dû commencer immédiate ment après son dépôt.

Les puissants conglomérats qui constituent la partie inférieure de cette formation sont déjà une preuve à alléguer en faveur de l'antiquité de ces tumultueux déplacements des eaux. La nature des terrains postérieurs fait naître également l'idée d'une intense dégradation de tout ce qui les a précédés dans la hiérarchie sédimentaire.

Le grès rouge avec ses galets est là pour démontrer que le terrain houiller a dû fournir un certain contingent pour sa construction. Certaines assises des grès vosgiens et bigarrés

sont très caillouteuses. Des débris plus ou moins volumineux abondent également dans certains poudingues tertiaires; de sorte qu'à part la période de stagnation, sous l'influence de laquelle se sont établies les couches jurassiques et crétacées, tout dénote dans l'ancien état du globe une instabilité extrême, seulement entrecoupée de calmes, et non un repos général que troublaient de temps à autres quelques agitations.

21. On n'est donc pas embarrassé pour concevoir des courants forts ou faibles, qui, à diverses époques géologiques, ont pu tracer au travers des nappes houillères des sillons d'autant plus profonds qu'ils agissaient sur des masses moins cohérentes. D'ailleurs la constitution de l'atmosphère ne paraît pas s'être modifiée depuis les temps anciens au point qu'il faille renoncer à la faire intervenir dans les dégradations qui ont pu affecter les gîtes houillers immédiatement après leur dépôt. Cette cause peut donc être ajoutée à la précédente toutes les fois qu'il s'agira de couches houillères superficielles.

Les démantèlements produits par ces influences réunies constituent la chance la plus dangereuse que l'on ait à rencontrer dans les recherches qu'il faudra pratiquer au travers des terrains stériles qui, en vertu de leur superposition, masquent toutes les solutions de continuité d'une nappe souterraine. M. Elie de Beaumont a fait connaître un exemple remarquable de cette dernière circonstance, à l'occasion de sa description du gîte de Villé dans les Vosges. L'argile schisteuse, à rognons calcaires, ainsi que la houille sous-jacente, semblent devoir s'étendre vers le sud depuis Villé jusqu'à la rivière de Giesen près de la route de Schelestadt, et cependant ni l'une ni l'autre n'ont été rencontrées par un sondage placé de ce dernier côté. Il est donc probable que ces parties furent dénudées avant le dépôt du grès rouge qui recouvre le tout.

Rien ne peut faire prévoir à priori un pareil accident, mais

il n'infirme en aucune façon la théorie générale que je cherche à développer. Du moment où la continuité a existé en premier lieu, et pendant un laps de temps quelconque, la formation a été complète, et, d'après tout ce qui précède, sa destruction locale et souterraine ne doit pas plus étonner que son morcellement superficiel.

X. — *Erreurs résultant de l'action combinée des soulèvements et des érosions.*

22. La nature met souvent en action plusieurs causes pour arriver à ses fins. Autant qu'il nous est permis de la comprendre, semer la variété dans ses œuvres paraît être un des buts qu'elle s'est proposés. A cet égard les érosions et les dislocations sont deux moyens dont l'efficacité ne pourrait être méconnue. Depuis les beaux travaux de M. Élie de Beaumont, chaque géologue est maintenant familiarisé avec les résultats de ces dernières ; mais on n'est pas assez pénétré de l'influence des autres, et on l'est encore moins avec les effets qui proviennent de leur réunion. Je vais donc entrer dans quelques détails à ce sujet, en prenant d'abord mes exemples en dehors du terrain houiller, de manière à donner à mes aperçus le degré de généralité que l'on peut désirer en pareille matière.

Sur le gradin primordial de l'Ardèche et à l'altitude de 600 mètres, on trouve la ville de Vernoux. Là le géologue ne rencontre pas sans une extrême surprise un large bouton liasique reposant sur du grès. Sa position élevée est incontestablement le résultat d'un mouvement qui l'a séparé des autres parties jurassiques de la contrée. Cependant cette cause ne suffirait pas pour expliquer son isolement, car il n'est pas à moins de 12 kilomètres de distance horizontale des dépôts équivalents de Lavoulte et de Soyons. D'un autre côté il répugnera toujours de le considérer comme constituant un bassin à part, et cela d'autant plus que rien dans sa struc-

ture, ainsi que dans la nature de ses matériaux, ne pourrait venir à l'appui d'une pareille hypothèse. On serait même d'autant plus mal venu de la proposer, que ce reste tend à se rattacher au terrain jurassique des bords du Rhône par l'intermédiaire d'un autre mamelon situé sur la rive droite de l'Eyrieux du côté de Prantes. Celui-ci est d'ailleurs lui-même séparé par un intervalle de 3 kilomètres du lias des environs de Privas. Enfin, pour achever de démontrer que ces deux masses doivent être considérées comme des *témoins* abandonnés à la suite du décapage de la contrée, je rappellerai que M. Courbis a découvert des lambeaux de grès pareils, mais dénudés de leurs calcaires supérieurs, et gisants sur les hauteurs de Méran au NO de Beauchastel, ainsi que sur le plateau de Planèze à l'O de Charmes.

Dans la même contrée, le Tanargue élève le point culminant de sa croupe granitique et gneussique à 1528 mètres de hauteur au-dessus du niveau de la mer. Au côté d'un col par lequel on passe de Jaujac à l'Argentière, M. Danton, directeur des mines de Prades, a trouvé un autre lambeau de grès inférieur du lias. A part sa hauteur, d'environ 800 mètres au-dessus des roches du même genre placées près d'Aubenas, il en est encore séparé par un intervalle horizontal d'au moins 4 kilomètres. Un soulèvement pur et simple ne pourrait pas rendre raison d'une si large solution de continuité.

Sur la lisière orientale des Vosges, la cîme du Grand-Hohnack atteint l'élévation de 992 mètres. Elle est composée de grès vosgien, de même que le plateau du pélerinage des Trois-épis, placé au-dessus d'Ingersheim près de Colmar. Mais indépendamment d'une profonde lacune qui existe entre les deux nappes, elles sont encore séparées des plaines sous-jacentes par la hauteur d'environ 600 à 700 mètres de la rampe granitique contre laquelle viennent buter les ter-

rains triasiques, jurassiques et tertiaires du pays. Enfin du côté de la montagne elles sont détachées par un intervalle de 6,8 kilomètres, qui les sépare du grand lambeau de terrain vosgien, sur lequel est placé le château féodal d'Eguisheim, et qui se prolonge au sud jusqu'au-delà de Guebwiller.

Jamais il n'est venu à l'esprit d'un géologue d'admettre des formations circonscrites et locales pour expliquer les isolements du Hohnack et des Trois-épis, qui d'ailleurs sont loin d'être les seuls restes d'un si vaste démantèlement. Bien plus, on remarquera que la considération d'une foule d'autres boutons du même grès, dispersés çà et là sur les Vosges, ont conduit M. Élie de Beaumont à invoquer ces morcellements ainsi que ces exhaussements comme étant des caractères propres à motiver la séparation de la formation sableuse vosgienne d'avec les grès triasiques.

23. Ces exemples, que je pourrais multiplier au besoin, paraîtront suffisants pour notre objet. On comprendra dès à présent facilement que les terrains houillers, fissurés par les soulèvements et les affaissements, esquillés par les vicissitudes des températures, amollis et râpés par le travail lent mais sûr des siècles, ont dû présenter à l'eau de nombreux couloirs, par lesquels celle-ci a activé les démolitions. Il ne peut donc évidemment plus être question d'y retrouver subitement les indices de la continuité primitive de leurs diverses parties. De larges solutions de continuité doivent nécessairement intervaller leurs restes, de manière à confirmer chez les esprits prévenus l'idée de l'établissement de parties indépendantes dès leur origine. Mais, du moment où ils voudront mettre en ligne de compte les causes de ruine avec les diverses autres considérations géologiques, ils parviendront facilement à comprendre la nécessité d'établir entre leurs prétendus bassins les mêmes raccordements qu'ils conçoivent volontiers pour les autres formations.

Ainsi pour la vallée de la Brevenne, où l'on a une succession de masses houillères, situées l'une à Sainte-Foy-l'Argentière, l'autre à Coursieux, et la troisième à l'Arbresle, ils arriveront à admettre avec nous qu'il il y a eu d'abord une bande parfaitement suivie, mais morcelée ensuite par des déchirements ainsi que par des ablations postérieures, de manière à se trouver réduite à ces quelques lambeaux semés dans une dépression des roches cristallines.

Le morceau houiller des hauteurs de Vienne sera de même considéré comme ayant originairement fait corps avec les parties du même terrain, entre lesquelles il est placé. L'espace dénudé qui le sépare de Ternay n'a qu'une étendue de 9 kilomètres, et celui qui constitue la lacune de Vienne à Chonas se borne à 10 kilomètres, ce qui est beaucoup moins que l'intervalle compris entre Vernoux et Prantes. Encore faut-il ajouter que, d'après M. Drian, il existe un lambeau houiller dans le vallon de la Poype, qui est intermédiaire entre Vienne et Chonas. (*Pl.* V.)

Entre Langeac et Brassac, on voit diverses pellicules houillères délaissées successivement aux distances suivantes :

Langeac à Lugeai.	19,0 kilom.
Lugeai à Lamothe.	3,0
Lamothe à Azerat	4,5
Azerat à Brassac.	5,0
Brassac à Champagnat. . .	4,0

Des relations en tout pareilles se manifestent pour les gîtes dispersés autour d'Alais, autour de Villé et de Roderen dans les Vosges, pour ceux de la longue zone houillère qui s'étend de Montluçon à Bort sur les confins du Limousin et de l'Auvergne, etc.

Je le demande donc, vaut-il la peine de conserver une théorie exceptionnelle quand il est si facile de tout expli-

quer par l'intervention de causes dont les résultats sont admis sans contestation pour les autres formations. Des ruines ne sont pas des édifices intacts, et persister à les confondre, à prendre les fractions pour autant d'unités, à en faire, contre toutes les lois de l'analogie, des créations *sui generis*, des espèces d'oasis minéralogiques, c'est substituer bénévolement la complication à la simplicité, et les vues bornées d'une science naissante à la grandeur de la nature.

XI. — *Erreurs provenant d'observations incomplètes au sujet des limites de certains dépôts houillers.*

24. M. de La Beche, à l'occasion des terrains houillers, met en doute l'exactitude de l'application générale du mot *bassin*, qu'on leur applique à tous propos: car, dit-il, ce terme semble indiquer l'existence d'un creux ou d'une dépression bornée par une circonférence d'élévation à peu près uniforme. D'ailleurs il ajoute: « Des amas de végétaux qui auraient été en-
« traînés par les rivières, comme on en observe aujourd'hui à
« l'embouchure du Mississipi, seraient fort mal caractérisés
« en disant qu'ils ont la forme de bassins et en leur donnant
« ce nom. »

Cette objection du célèbre géologue est parfaitement juste, et ses expressions n'inspirent qu'un regret: c'est qu'il n'ait pas développé davantage le fond de sa pensée. Sa puissante et légitime autorité aurait depuis longtemps anéanti la vieille erreur qui pèse sur la science. Quant à moi, n'ayant d'autre ressource que celle de m'étayer de son nom, je vais hasarder quelques aperçus au sujet du peu d'attention qui a été apporté dans l'étude de la circonscription des prétendus bassins houillers.

Evidemment, avant d'imposer le titre de *bassin circonscrit* à une cavité occupée par un dépôt carbonacé, quelle que soit soit d'ailleurs son étendue, grande ou petite, il faut avoir

constaté qu'elle ne présente aucun goulet par lequel elle a pu communiquer avec un espace voisin. Il importe aussi que le dépôt soit constitué de manière à indiquer l'impossibilité de son extravasion en dehors de son encaissement; autrement l'idée de sa délimitation n'aurait aucune portée. Malheureusement, il faut l'avouer, les géologues ont mis une extrême négligence dans les observations relatives à ces deux conditions; et pour appuyer mon énoncé, je vais détailler en premier lieu quelques arrangements propres à des dépôts très limités, puisque ce sont eux qui ont principalement contribué à faire naître la théorie de la localisation de la formation houillère.

25. Soit donc d'abord le bouton d'Azerat (*Planche* X), qui est placé au sud de Brassac et sur les bords de l'Allier. Ce gîte, loin d'être environné par un bourrelet de roches cristallines anciennes, se trouve placé sur une sorte de gradin, de manière à présenter sa tranche sur le bord d'une berge escarpée qui domine le cours de l'Allier. De ce côté donc l'espace est si parfaitement libre, qu'il est impossible de songer à autre chose, si non qu'à une couche primitivement plus étendue, et qu'une ablation postérieure a réduite à ses limites actuelles. En considérant d'ailleurs l'ensemble de cette disposition on arrive à conclure que le creusé de la concavité dont le lit de l'Allier occupe le fond a été la cause essentielle de la troncature de la couche houillère, et dès ce moment on est inévitablement ramené à l'intervention des failles ou à celle des causes érosives détaillées dans les paragraphes précédents VIII, IX et X.

Les érosions entre autres ayant pu opérer sur une très grande échelle, on est en droit de supposer que l'assise d'Azerat n'est elle-même que la minime loque d'une nappe plus étendue, et en procédant de pas en pas on arrive à

concevoir que les gîtes de Langeac, de Lugeai et de Brassac, sont également d'autres parties de la même nappe. D'ailleurs le lambeau de Brassac, disparaissant au nord sous les terrains tertiaires de l'Auvergne, il devient impossible de se prononcer à l'égard de la circonscription de cet ensemble.

Ainsi donc, de quelque manière que l'on veuille aborder la question de ces gîtes de l'Auvergne, on se trouvera en face d'une indétermination. En partant du rôle des agents destructeurs, on arrivera à recoudre les lambeaux. En prenant en considération les formes ébréchées de ceux-ci, on remontera aux causes de démolition. En suivant la nappe de Brassac, on la verra s'éclipser sous des assises plus récentes, et dans tous les cas, on est ramené à cette même conclusion, savoir que les prétendus bassins houillers isolés des bords de l'Allier sont les restes d'une formation démantelée.

26. Des raisonnements en tout pareils empêchent de voir un bassin circonscrit dans les lambeaux conglomératiques de la Poype et de la montée de Serpaize près de Vienne (*Planche* V). Ce dernier est appliqué presque verticalement contre l'escarpement nord d'un vallon dont sa partie inférieure atteint le fond. Dans cette extrémité il montre une certaine épaisseur; vers le haut il s'amincit et se réduit à quelques placages, véritables résidus, qui se perdent, soit sous les vignes, soit à l'approche de l'épaisse couche diluvienne du plateau de la Bâtie et du Mont-Salomon.

L'aspect général de ce conglomérat houiller est exactement le même que celui de Chonas. C'est un assemblage excessivement condensé de fragments dans lesquels le mica domine au point d'en former en quelque sorte la pâte.

A l'examen des détails, on y découvre un empilage confus de débris de quarz hyalin laiteux, de granite, de granulite, de

gneuss, de micaschiste, et des esquilles feldspathiques. Ces morceaux sont le plus souvent anguleux, de manière à constituer une véritable brèche; cependant il en est qui sont suffisamment arrondis pour indiquer l'effet d'un roulis; chez d'autres enfin l'état de caillou n'est en aucune façon méconnaissable. D'ailleurs les grosseurs varient depuis la dimension de blocs de la grosseur d'un quart de mètre cube à celle d'un détritus purement sableux.

La stratification de l'ensemble est rendue très confuse par des crevasses et par diverses surfaces de glissement grossièrement polies et même rayées. On aperçoit cependant une apparence caillouteuse plus prononcée vers le haut que dans les parties basses, et celles-ci pourraient appartenir à une couche supérieure; on découvre ici quelques veines sableuses ou de grès désagrégé, et l'arrangement relatif de l'ensemble présente en cela une certaine conformité avec celui de divers autres dépôts clastiques. Ainsi la base du conglomérat lacustre de la Bresse est également composée des débris des roches du pays, gneuss, micaschistes, granits, à l'état anguleux, bien que les parties plus élevées dans l'ordre de superposition soient principalement caractérisées par des cailloux alpins parfaitement arrondis.

Je ne disconviens pas que la physionomie de la roche du vallon de Serpaize pourrait porter à rejeter son identité avec les conglomérats houillers; mais d'abord elle ressemble de la manière la plus nette avec l'assise qui est placée sous la houille anthraciteuse de Chonas; d'un autre côté, il existe à Saint-Étienne des roches parfaitement identiques. Enfin ce qui est de nature à lever toutes les difficultés, ce sont les veinules charbonneuses mises en évidence par l'exploitation des carrières de Serpaize.

En définitive, l'ensemble des conditions autorise à conclure que le gîte de Serpaize n'est qu'un débris d'une nappe

qui s'étendait de Ternay à Chonas. Redressée par les soulèvements, elle est demeurée plaquée contre les granits et les gneuss confus de la localité. Sa position dans un petit pli des roches primordiales l'ayant partiellement garantie contre les érosions qui ont achevé l'excavation du vallon, elle est restée là, aussi bien que le lambeau analogue de la Poype, comme une trace destinée à mettre le géologue à même de suivre l'expansion du bassin houiller de la Loire, au milieu des plaines dauphinoises.

Agrandissons actuellement le cadre de nos observations.

27. S'il faut en croire les mots, rien ne serait mieux cerné que le bassin houiller de la Loire (*Planche* V). Vers le SO, il est comme séparé du fleuve dont il porte le nom par les roches granitiques et gneussiques qui, après avoir constitué l'arête pittoresquement déchirée du Suc-Bernard, de Saint-Paul-en-Cornillon et du rocher de Bramafan, s'épanouissent vers le NE, dans la haute protubérance du crêt de Tremat.

Quelqu'élevée que soit cette marge, elle est néanmoins incomplète, car dans la concavité du Furens, on voit le terrain houiller descendre vers la Loire jusque près de la Fouillouse, et ici rien n'indique un barrage; la terminaison est simple et peut aussi bien être le résultat d'une ablation ultérieure que celui d'un arrêt réel dans la sédimentation.

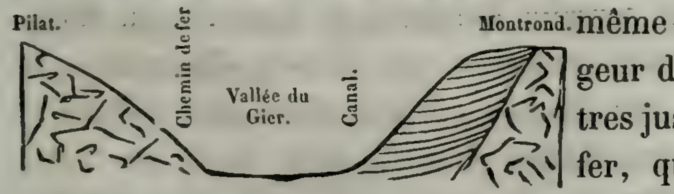
A l'opposite, vers le S, on trouve l'extrémité SO du Pilat, qui, au premier aspect, semble se raccorder avec l'arête susmentionnée de Saint-Paul et du Suc-Bernard, et ici encore les apparences sont fallacieuses. En effet, entre les hautes montagnes de Rivoire et les âpres rochers du Suc-Bernard, il existe un col où se trouvent le hameau du Bois-de-la-Rive, Côte-Martin, Liverniat, la Vanne-à-Girard et la Croix-de-la-Sollière. Le terrain houiller remplit tellement ce col, qu'il en dépasse le point culminant de manière à surplomber dans la gorge qui conduit à la jolie concavité d'Aurec qu'arrose la

Loire. Un pareil surplomb ne peut pas davantage être le résultat de la sédimentation que l'arrêt de la Fouillouse. Dans aucun des deux cas rien n'offrant les véritables caractères d'un barrage, il est naturel de supposer que le terrain houiller a pu pénétrer par l'un et l'autre goulets, fort au loin dans les défilés et dans les évasements de la Loire.

Transportons-nous actuellement à l'extrémité opposée du long boyau houiller de Saint-Étienne et de Rive-de-Gier. Ici nous trouverons Tartaras et Montrond, points qui font manifestement suite à la partie précédente. Puis de l'altitude de 304 mètres qu'atteint l'exploitation de Montrond, nous verrons la surface houillère s'abaisser rapidement vers le NE jusqu'à la hauteur de 160 mètres, qui représente à peu de chose près le niveau de la plaine de Givors. A la rencontre de celle-ci il n'y a aucun indice de barrage; la formation carbonacée n'est recouverte que par des alluvions, parmi lésquelles dominent les cailloux de quarzites alpins, de même que dans tout l'ensemble détritique ou erratique qui tapisse la grande concavité du bassin du Rhône. A peine quelques bétons viennent simuler çà et là une roche solide, étrangère, contre laquelle le terrain houiller aurait pu buter; mais ces bétons sont parfaitement connus pour être inhérents aux cailloutis récents, dont ils sont de simples agglomérations occasionnées par des infiltrations calcaires. Et si l'on voulait encore émettre des doutes à cet égard, il suffirait de faire observer qu'ils contiennent, indépendamment des quarzites, quelques galets de calcaires jaunes jurassiques, pareils à ceux du Mont-d'Or lyonnais. Toutes ces masses sont donc venues après coup s'appliquer sur le houiller; elles sont essentiellement récentes, et, étant de plus purement locales, elles ne laissent aucune incertitude au sujet de la non-terminaison du bassin dans ce sens. Bien plus, les conglomérats inférieurs du terrain houiller, très reconnaissables à leurs

fragments plus ou moins arrondis de quarz, blanc laiteux, de porphyres quarzifères, de granit et de gneuss, noyés dans un grès quarzeux grossier apparaissent avec des contournements divers dans plusieurs gorges comprises entre le canal et la Grange-du-Puy. C'est ainsi qu'on les voit entremêlés de couches de grès en même temps que d'argiles noires, schisteuses, dès le pied du chemin montant qui tend vers Chassagny, dans celui du vallon de Barberet, et dans la gorge qui conduit à la Tour-de-Varnissan. De ce côté, le terrain houiller s'épanouit d'ailleurs légèrement en descendant dans la plaine, et peut-être même s'étend-il souterrainement en largeur jusqu'à la base des micaschistes aux formes scabreuses de la Grange-du-Puy. On trouve, en effet, ici une grande quantité de blocs du conglomérat inférieur dispersés dans les champs, et qui, au dire des cultivateurs, proviendraient du sous-sol; mais, que l'on admette ou non les conséquences de cette indication, il n'en restera pas moins acquis d'une manière définitive que la formation houillère plonge réellement sous les alluvions de la plaine de Givors.

28. Toutefois les phénomènes de cette extrémité du dépôt ne se bornent pas à ces premières indications. Du côté du Gier le terrain houiller forme un long escarpement, au pied duquel est tracé le canal de Givors, et à partir de celui-ci la vallée elle-même occupe une largeur d'environ 800 mètres jusqu'au chemin de fer, que dominent les rampes primordiales des contreforts du Pilat.



On accordera facilement que l'espèce de placage formé par le terrain houiller ne peut pas avoir affecté dans l'origine la disposition qu'il montre actuellement. Une puissante érosion dut excaver la vallée du Gier en découpant l'épaisse

marge qui s'étendait jusque sur les flancs septentrionaux du Pilat, et en admettant cette indication, on est encore amené à l'idée d'un autre épanouissement qui s'effectuait vers le sud au débouché de la vallée.

Si actuellement on combine cette donnée avec le rapide abaissement qui se manifeste à l'E de Montrond, on arrive à croire à l'existence de quelques failles transversales, en vertu desquelles un lambeau dénivelé pourrait se trouver enfoui dans la plaine de Givors, de manière qu'une recherche pour la houille, établie, par exemple, au milieu de la cour de l'une des fonderies de la localité, ne serait en aucune façon une entreprise ridicule.

Remarquons enfin qu'en continuant à cheminer vers le NE de Givors et immédiatement à l'extrémité de sa petite plaine, sur la rive gauche du Rhône, on voit surgir à Ternay ainsi qu'à Communay de nouvelles parties houillères, auxquelles correspondent celles de Chamagnieu, de Vienne et de Chonas, qui toutes disparaissent sous les molasses. Leur rapide expansion est liée aux indices d'épanouissement déjà mentionnés, comme se trouvant du côté de la Tour-de-Varnissan et au sud du débouché du Gier. Dès-lors où donc faut-il chercher le terme de cette série? C'est à l'horizon vers l'E, où s'élève la chaîne des Alpes. Ici contre les roches cristallines et sous les calcaires à bélemnites, on trouve la réapparition des terrains houillers de Lamure, du Mont-de-Lans, des Grandes-Rousses, du Clos-du-Chevalier, du Pinsot, d'Ugine, des Ouches, d'Argentière, des Céblancs, du Trient et d'Outre-Rhône. C'est là sans doute une autre bordure; mais, illimitée elle-même, elle ne satisfait nullement aux conditions exigées pour constituer un bassin circonscrit.

29. Le dépôt houiller du Centre *(planche IV)* présente à l'égard des terminaisons une remarquable similitude avec celui

de la Loire. On vient de voir qu'au SO ce dernier ne présente aucune délimitation franche, et qu'au NE il s'enfonce sous les graviers du Rhône et sous les molasses tertiaires. De même la formation charbonneuse de Saône-et-Loire disparaît au SO sous les terrains triasiques, jurassiques et autres qui encombrent la vallée de la Bourbince, tandis qu'au NE elle s'éclipse sous les masses homologues de la Dheune.

A cette dernière extrémité, on trouve encore un autre phénomène dont l'identité avec celui du dépôt de la Loire ne peut en aucune façon être contesté.

En effet, la bordure du terrain houiller se détache des rampes primordiales du chaînon du Mont-Saint-Vincent, de manière à en être séparé par la vallée de la Dheune et du canal du Centre. C'est là que l'on voit se produire un arrangement tel que celui qui est figuré ci-contre et qui s'étend depuis St-Julien jusqu'à Dheune.



Malgré la meilleure volonté du monde, une coupe de ce genre, montrant subitement les tranches houillères sur une épaisseur considérable, ne peut évidemment pas se concilier avec la forme qu'il faut supposer aux véritables affleurements d'un terrain sédimentaire. On doit nécessairement admettre que ces affleurements ont été usés d'une manière quelconque, et dès lors on arrive immédiatement à poser deux hypothèses.

Suivant la première, les couches houillères, étalées sur un plan granitique et continu AB, ont été enlevées par une cause érosive, qui, après avoir détruit la masse DB du dépôt sédimentaire, se sera attachée à creuser le granit lui-même, de manière à y tracer le vallon DNB.

Dans la seconde hypothèse, les couches, étalées comme précédemment, sur le granit, ont été soumises avec lui à l'action d'un fort soulèvement, agissant dans le sens $\frac{A}{N}$, de manière à produire un plissement à pendages inverses. Cet effet mécanique a été ensuite complété en sous-œuvre par la cause érosive dont l'action, facilitée par les fractures, a amené l'arrangement actuel.

On choisira à volonté entre ces deux suppositions. Quant à moi, je me range du côté de la dernière, en me basant sur des aperçus qui seront développés dans le prochain article. Pour le moment il me suffit de faire remarquer que, d'une manière ou de l'autre, il manque sur l'étendue précitée, de même que dans le vallon du Gier, une large partie qui devait s'appliquer sur les rampes de la rive droite de la Dheune. Cela est même si vrai que, du moment où l'on a atteint le village de Dheune, le terrain houiller mieux abrité a pu conserver son ancienne largeur. On le voit donc franchir l'intervalle, de manière à passer sur la rive droite à la Gagère, pour remonter de là jusque sur les hauteurs de Saint-Berain, où il disparaît enfin sous le keuper de Saint-Léger. On peut d'ailleurs admettre qu'il contourne comme celui-ci l'extrémité NE de chaînon du Mont-Saint-Vincent pour en longer le flanc oriental, car il reparaît dans une de ses anfractuosités, située à Forges près de Saint-Martin-de-Buxy.

Encore une fois, rien ne prouve ici le fait d'une terminaison réelle, et il me serait bien facile de multiplier les exemples de ce genre en invoquant d'autres stations, où viennent se reproduire autant de circonscriptions limitées, selon le langage officiel, et illimitées par le fait. Mais les détails qui viennent d'être exposés étant de nature à suffire à tout géologue, affranchi des préjugés, pour lui faire accepter mes propositions, je vais m'attacher à soutenir une thèse bien

autrement essentielle, car elle détruira un des plus forts arguments qui aient été invoqués en faveur de la cause contre laquelle je me suis déclaré.

XII. — *Erreurs provenant du ploiement des couches houillères.*

30. Nos aperçus historiques (4) ont fait ressortir l'importance du rôle de la stratification dans la théorie des bassins circonscrits. La disposition des couches en *fond de bateau* était pour les anciens la preuve irréfragable de la sédimentation houillère dans la concavité d'une sorte de jatte, et je ne serais pas surpris de rencontrer encore quelques géologues maintenir à cet égard leurs anciennes opinions, malgré les discussions précédentes. Ils ne manqueraient même pas de faits à alléguer à l'appui de leur manière de voir. Ces faits, je ne les dissimulerai pas.

En vertu de leur volume, les matériaux des conglomérats houillers n'ont pu être charriés que par des courants d'une grande énergie d'impulsion, et par conséquent les terrains houillers doivent rentrer dans la classe des *formations torrentielles* de Necker. Eh bien! dans ce cas, les dépôts successifs peuvent être très inclinés ou même fortement contournés, et nous avons des exemples de ces arrangements dans certaines assises des masses diluviennes qui encombrent nos environs. Aux portes de Lyon, les balmes de Saint-Clair montreront, au besoin, un bon nombre de couches de sables et de cailloux, qui, dans leur projection violente, ont subi l'influence des ricochets les plus curieux.

Cela étant, les assises des roches houillères ont pu se fixer pareillement sous des angles variés, en suivant les pentes du réceptacle plus ou moins concave qui s'ouvrait devant eux. De là cette stratification inclinée, ces placages plongeant vers le centre, et en un mot tout l'arrangement des *stratifications en cul de chaudron*, si ordinaires dans le terrain.

31. Je viens de citer des faits positifs, existant autour de Lyon, et dont je suis d'autant moins porté à affaiblir la portée, que je crois être le premier parmi les géologues qui en ait signalé les divers détails. Mais, habitué aussi à envisager un phénomène sous toutes ses faces, je dois maintenant mettre dans la balance d'autres arrangements non moins concluants en faveur d'une explication essentiellement différente.

En admettant donc la théorie torrentielle pour les conglomérats, je la mettrai en doute à l'égard des grandes masses de grès sans cailloux, et je la rejeterai complètement pour les argiles schisteuses. En effet, tout démontre que celles-ci ont été déposées, sinon sous l'influence d'un calme parfait, du moins sous celle de courants très faibles. Chacun du moins comprendra facilement que, si ces boues avaient été charriées par un courant très fort, elles ne se seraient pas déposées, vû qu'un ralentissement dans la vitesse est la condition essentielle de cette sédimentation. Il y a mieux encore! Les argiles houillères contiennent entre leurs feuillets des empreintes végétales de la plus parfaite conservation, malgré leur extrême délicatesse. Un courant un peu fort eût déchiré les feuilles de ces fougères, désarticulé leurs branchages, réduit leurs nervures à l'état de filasse, broyé les tiges creuses des prêles, et le mineur n'aurait pas à admirer au toit de ses galeries tant de magnifiques gerbes expalmées avec un luxe de précautions dont le botaniste le plus soigneux serait à peine capable.

Du moment où l'on est ainsi conduit à admettre une sédimentation tranquille pour certaines assises, il faut aussi savoir en adopter les conséquences. A cet égard, M. Elie de Beaumont, partant de l'arrangement qui s'établit vers les embouchures des fleuves, a mis hors de doute le nivellement à peu près parfait de leurs limons. Les sondes effectuées par les ingénieurs hydrographes pour la sureté de la navigation

démontrent qu'aucune plaine continentale ne présente une horizontalité comparable à celle du fond de la mer dans les environs de ces bouches. Si donc les conglomérats houillers ont pu affecter des pentes considérables sous l'influence torrentielle, les arrangements ont dû subir de profondes modifications du moment où sont arrivés les matériaux excessivement divisés qui ont constitué les argiles schisteuses; et cependant la plupart des houillères nous les montrent non moins inclinés et contournés que les conglomérats.

32. A cette première difficulté, il est encore facile d'en ajouter d'autres.

Dans certaines houillères, comme par exemple au Creusot, les grès et conglomérats ne sont pas simplement inclinés: ils sont renversés de telle sorte qu'ils sont surplombés par le granit, au point qu'un puits percé dans cette roche a pu atteindre la houille. Pareil phénomène se retrouve près de Malataverne, dans le bassin du Gard, où les schistes de transition sont couchés sous l'angle de 70° sur le terrain houiller. Or, quelle que soit la puissance de projection d'un courant diluvien, ce serait certainement l'exagérer outre mesure que de lui accorder la faculté d'appliquer un crépi caillouteux et sableux contre de pareils plafonds avec une force suffisante pour le mettre à même de s'y maintenir par sa propre cohésion en attendant l'arrivée des remblais ultérieurs.

En présence d'impossibilités de cet ordre, il a fallu recourir à des interventions bien différentes de celles de l'eau. On a donc admis sans grande difficulté les dislocations terrestres, dont le rôle était d'ailleurs légitimé par les failles, par les contournements des couches et par leurs plissements en zigzag. Malheureusement en cela on n'a pas assez tenu compte de la nature des résultats de ces dislocations. Sans doute quatre lignes de soulèvements, en s'entrecroisant deux à deux,

peuvent déterminer un ploiement des couches, capable de produire une apparente stratification en *fond de bateau.* Mais si un pareil accident s'est présenté réellement quelque part, il est loin de constituer la généralité des plissements houillers. Très souvent ceux-ci n'ont été effectués que par deux forces agissant parallèlement à la manière des mâchoires d'un étau, et qui, en se resserrant, doivent faire naître des plis longitudinaux plus ou moins nombreux.

A cet égard on peut citer entre autres le terrain houiller de la Loire (*planche* V), dont les diverses coupes transversales données par M. Gruner indiquent parfaitement deux longues pentes inverses, et inclinant l'une du sud au nord, l'autre du nord au sud, de manière à se rencontrer vers la partie médiane et la plus profonde du bassin. Dans ce cas l'une des mâchoires de l'étau est la chaîne du Pilat, l'autre la chaîne de Riverie, qui lui correspond parallèlement, et de leur action combinée, il est résulté, non pas un enfoncement ellipsoïdal ou sphéroïdal, constituant un bassin circonscrit, mais bien une dépression cylindroïde, ayant sa concavité tournée vers le ciel et rentrant dans la catégorie des *surfaces développables.*

Ici donc intervient un des plus brillants aperçus émis par M. Elie de Beaumont dans son mémorable travail sur les *Systèmes de Montagnes.* En partant de cette idée fondamentale, on arrive à concevoir une foule d'autres accidents propres aux terrains houillers, parmi lesquels il faut ranger entre autres la masse de Lapleau, dont l'ensemble pénètre comme un coin dans un granit porphyroïde, et celle de Sincey, qui est dépeinte par M. Guillebot de Nerville comme une couche presque verticale, également pincée entre des roches silicatées. Ces deux bandes sont à considérer comme le produit d'un écrasement latéral complet, comme le dernier terme d'une série où vient s'intercaler le refoulement du terrain de

la Loire, et en tête de laquelle il faudrait placer les couches les plus légèrement concaves que l'on puisse rencontrer quelque part à la surface du globe.

33. Les effets de ces écrasements latéraux sont d'ailleurs loin d'être toujours aussi simples que l'on pourrait être porté à le supposer d'après l'inspection des pendages confluents des deux marges d'un bassin houiller. Mes études circonstanciées du terrain de Saône-et-Loire m'ont amené à cette conclusion essentielle, qu'indépendamment des relèvements principaux vers le sud et vers le nord, il doit exister dans la partie la plus étroite de la zone houillère, entre Saint-Berain et le Creusot, un repli ou bourrelet longitudinal indiqué par une arête du grès bigarré, qui se dessine de la manière la plus nette depuis Essertenne jusqu'à l'étang de Torcy. (*Planche* I, *fig. 2.*) Vers le S O cette zone s'élargit considérablement, et alors on remarque deux replis parallèles, indiqués à la surface par des bourrelets analogues au précédent. Ce sont ceux de Sanvignes et du moulin à vent de la Garde. (*Planche.* II, *fig. 3.*) Bien plus, le terrain granitique et gneussique encaissant a lui-même subi l'influence de ces compressions, et l'on en est averti par une circonstance assez singulière pour mériter quelques développements.

Le dépôt de Saône-et-Loire (*Planche* IV) est établi dans une cluse continue, déversant ses eaux d'un côté dans la Loire, et de l'autre dans la Saône, de manière qu'Adam de Craponne a pu mettre à profit cette structure assez exceptionnelle pour le projet de son canal de jonction de la Méditerranée à l'Océan. Cette dépression est remplie de grès bigarrés et de grès houillers, roches essentiellement meubles ou sujettes à être entraînées par les eaux courantes. Enfin les deux aliments principaux du canal, la Bourbince à l'ouest, et la Dheune à l'est, y ont façonné en partie leur lit. Certes, avec la connaissance de ces faits, l'idée la plus naturelle qui

puisse venir à l'esprit est bien évidemment celle qui consisterait à supposer que le célèbre ingénieur n'a eu qu'à faire remonter à son canal un de ces ruisseaux pour le faire descendre par l'autre ou réciproquement. En suivant cette voie, il aurait eu les roches les moins dures à entailler. En même temps il devait trouver pour son tracé les dépressions naturelles les plus profondes. Cependant, chose bizarre, le canal ainsi que la Dheune sont placés en grande partie dans les terrains cristallins qui longent le côté méridional de la vallée (29). La nature avait donc préparé sur ce flanc un pli concave ou une fracture de nature à simplifier le travail de l'homme, et l'un des titres de gloire d'Adam de Craponne est d'avoir approprié cet organisation brute aux besoins de la navigation interprovinciale.

Le parallélisme de cette ligne, avec les trois replis d'Essertenne au Breuil, de Sanvignes, et du moulin à vent de la Garde, déjà mentionnés précédemment, tendent d'ailleurs à mettre hors de doute la contemporanéité de ces trois accidents orographiques et géologiques. Cependant, pour compléter l'ensemble de la structure du pays sous ce point de vue, il faut ajouter une autre cassure très insolite, en ce sens qu'au nord du Creusot elle sépare sur une grande longueur un lambeau granitique d'avec le reste de la chaîne Autunoise. Le Mesvrin, affluent de l'Arroux, coule au milieu de cette scabreuse et profonde vallée, bien connue des minéralogistes par ses magnifiques minerais, au nombre desquels il faut ranger l'urane phosphaté. En la voyant placée presque parallèlement à la vallée du canal et aux autres accidents longitudinaux du bassin, je n'hésite en aucune façon à la regarder comme faisant partie du grand écrasement latéral dont les traces sont si énergiquement indiquées par les principaux reliefs de ce sol torturé.

34. L'extrémité NE du dépôt houiller de la Loire, que l'on

s'imagine toujours être encaissé dans la vallée du Gier, présente des relations à peu près semblables aux précédentes. A partir du pont de la Madelaine, en aval de Rive-de-Gier, il se maintient dans une ride des roches cristallines du haut gradin de Tartaras, de Dargoire et de Saint-Martin-de-Cornas, tandis que la rivière a établi son lit dans une dépression latérale, qu'elle suit jusqu'auprès du château de Manevieux, où elle est de nouveau rencontrée par le terrain houiller. Il y a donc là deux enfoncements parallèles : l'un houiller, l'autre hydrographique ; et, comme dernier trait de ressemblance, le canal de Givors suit, à peu de chose près, les allures de celui du Centre.

35. L'importance que la connaissance de ces plis et replis du terrain est appelée à prendre dans les exploitations houillères me détermine à m'appesantir encore sur les structures orographiques et hydrographiques des dépressions qui contiennent les terrains houillers de la Loire et de Saône-et-Loire.

La première est plus complexe qu'on ne l'a supposé dans ce qui précède, car parallèlement à la cannelure du Gier, il en règne une autre qui suit dans toute son étendue le pied du chaînon de Riverie. Dans celle-ci prennent naissance divers cours d'eau secondaires, dont les uns, après s'être maintenus pendant quelque temps parallèles au Gier, viennent se réunir à lui par les brèches d'un bourrelet intermédiaire ; les autres vont se jeter l'un au NE dans le Rhône, ou au SO dans le Furand près de la Tour-en-Jarrest. Cette cannelure subordonnée est d'ailleurs assez creuse pour que les Romains aient trouvé de l'économie à y faire pénétrer leur grand aqueduc, qui, saisissant à sa source le Janon, branche la plus occidentale du Gier, aboutit à Lyon, en se maintenant ensuite sur les terrasses de Mornant, de Brignais, de Chaponost et de Fourvières.

Les rivières qui coulent dans cette ride si profonde sont successivement, à partir du S O, l'Ozon, dont la pente a lieu vers le S O; la Durèze, qui, partant du même col entre Saint-Christot et Valfleury, passe par l'échancrure du Sardon près de Rive-de-Gier; le Bosançon, dont l'origine se trouve à la Croix-des-Trois-Pierres, et qui se jette dans le Gier au pont de la Madelaine par la crevasse de Bissieux; enfin le Mornantay, qui courant au N E aboutit au Rhône dans la plaine de Givors.

Le bourrelet intermédiaire entre ces affluents et le Gier débute au Grand-Cimetière, au-dessus du pont de l'Ane près de Saint-Étienne; il forme successivement le Mont-Crépon (alt. 821 m.), les hauteurs de Montchal près de la Croix-des-Trois-Pierres (alt. 626 m.), celle des Granges près de Saint-Maurice-sur-Dargoire (alt. 440 m.), enfin la Roche près de Chassagny (alt. 304 m.).

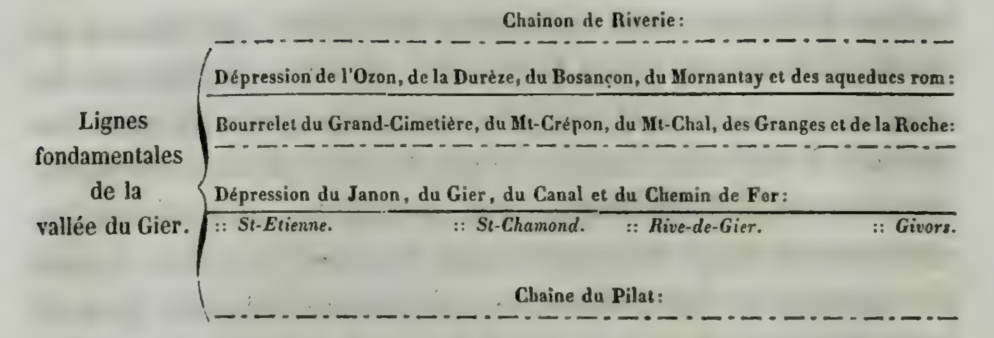
On a déjà vu (12) comment ce bourrelet est dominé par les hauteurs prépondérantes du chaînon de Riverie, mais on n'a pas assez insisté jusqu'à présent sur son rôle dans les plissements du dépôt houiller voisin. En effet, tout ne se borne pas au simple exhaussement des conglomérats inférieurs jusqu'au sommet du Mont-Crépon et à l'encaissement de la zone houillère, si étroite, qui s'étend sur son dos depuis le pont de la Madelaine jusqu'au-delà de Tartaras. Il faut, pour compléter ces indications, ajouter quelques autres détails, dont l'importance sera facilement comprise des mineurs.

En effet, l'extension houillère du Mont-Crépon a lieu de telle manière qu'un abrupte très élevé domine la Durèze à Valfleury, et de plus s'abaisse jusqu'à l'entrée de ce village. Ce surplomb ne permet donc pas de supposer que la formation carbonacée a été uniquement concentrée dans la vallée du Gier; elle a dû nécessairement déborder, de manière à remplir la place occupée par la vallée de la Durèze. En com-

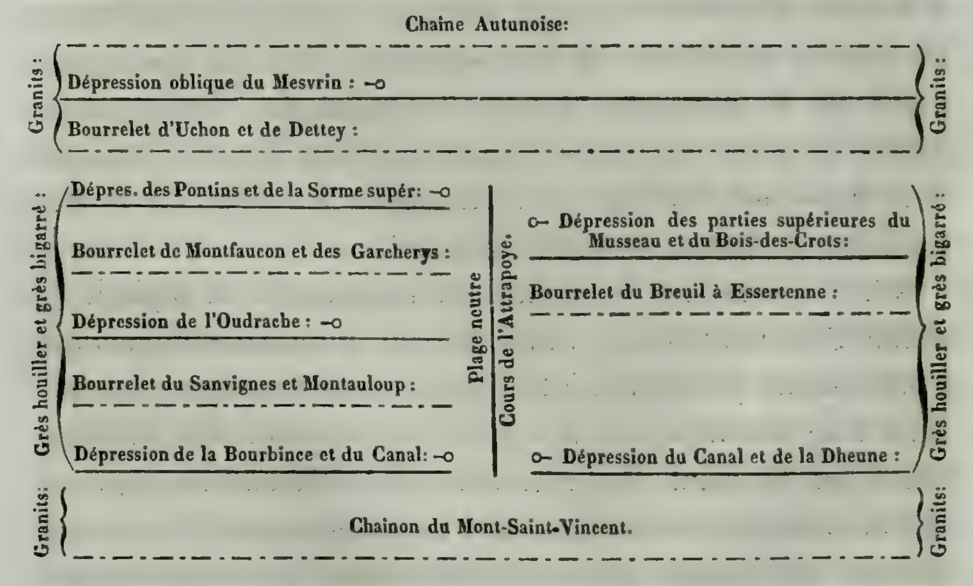
binant d'ailleurs cette indication avec celle que fournit le résidu de Tartaras et de Montrond, on arrive à voir que la nappe s'étendait dans l'origine au moins jusqu'au pied du chaînon de Riverie. L'inspection de la carte (*Planche* V) vient immédiatement corroborer ces premières indications en montrant un large épanouissement du dépôt houiller depuis les hauteurs de Val-Benoîte au sud de Saint-Étienne jusqu'à Saint-Priest-la-Roche au nord de cette même station. Ces deux points compris entre la chaîne du Pilat et le chaînon de Riverie indiquent une largeur qui sans doute se soutenait primitivement dans toute l'étendue de la concavité comprise entre les deux massifs.

Les dislocations ainsi que les érosions ont amené les choses à leur état actuel, ces dernières en décapant, les premières en contractant les couches, de manière à les enfoncer à des profondeurs inabordables aux agents destructeurs dont le rôle est toujours superficiel. C'est sous leur influence que s'est produite entre autres la grande chute d'une centaine de mètres, si connue des mineurs, et qui redresse presque verticalement les assises houillères de Rive-de-Gier. Elle se propage à partir de Combeplaine par le territoire des Verchères, le milieu de la Montagne-du-feu, puis passe de là entre Corbeyre et le Ban-de-la-Faverge, pour traverser le milieu de la Peronnière et aboutir à Saint-Chamond.

Afin de permettre de saisir cette topographie si capitale, je réduis l'ensemble de la vallée du Gier à quelques lignes qui n'ont aucune prétention à la rigueur mathématique, puisque dans leur établissement il est fait abstraction des diverses inflexions de détail. En revanche elles effacent les caprices des mouvements du terrain, dans lesquels se perdent ceux des mineurs qui seraient peu familiarisés avec la manière d'envisager les grands phénomènes géologiques.



36. On trouve des relations un peu plus complexes pour la vallée dans laquelle est établi le terrain houiller du Centre. Cependant l'ensemble peut se formuler d'une manière analogue en distinguant la partie NE qui est étroite de la partie SO dont la largeur est considérable, l'une étant séparée de l'autre par une plage neutre, c'est-à-dire à l'approche de laquelle les dislocations de chacune des parties semblent, en quelque sorte, s'annihiler respectivement, sans qu'il soit possible de les raccorder exactement entre elles. Elle forme également le *divortia aquarum* entre l'Océan et la Méditerranée.



Les principaux écarts au parallélisme se manifestent spécialement dans la partie granitique de la chaîne Autunoise et

notamment dans la dépression du Mesvrin: l'on en trouvera une des causes principales dans la résistance qu'une roche dure et tenace a dû opposer aux effets de l'écrasement. Il serait d'ailleurs facile d'y ajouter quelques autres causes de complication, mais mon but n'étant pas d'entrer pour le moment dans tout le détail de l'orographie de la contrée, j'ai dû me contenter d'en faire ressortir les accidents les plus palpables. Je n'ajoute donc plus qu'un mot au sujet de ces vallées. On aura probablement compris qu'elles ne doivent pas être confondues avec les types ordinaires provenant des cassures simples, et auxquelles on a déjà donné le nom de *vallées d'écartement, d'élévation,* etc. Elles m'ont paru mériter une désignation spéciale, et j'ai supposé que l'on accepterait la dénomination de *vallées conjugées*, qui, à l'avantage d'indiquer leur composition complexe, joint celui d'être indépendante de toute considération géologique. Je reviendrai d'ailleurs dans d'autres occasions sur certaines modifications capitales qu'elles sont susceptibles de présenter.

En dernière analyse la stratification en *fond de bateau* n'est qu'une pure illusion, à laquelle on a pu céder dans l'enfance de la science, mais qui a été complètement détruite par les études postérieures. Envisagée convenablement, elle montre les plus remarquables effets des mouvements de l'écorce terrestre. D'un autre côté nos détails au sujet de la structure des dépôts de la Loire et du Centre auront fait comprendre que les mineurs ont tout à gagner en se pénétrant du grand principe des ploiements du sol; celui-ci doit nécessairement les amener à pressentir le rôle des failles, et par suite ils ne seront pas embarrassés comme ils le sont quand ils se trouvent en présence de ceux de ces accidents, qui, par leur amplitude, dépassent les limites ordinaires. Enfin, en s'habituant à regarder en dehors de leur champ d'exploitation, ils sauront trouver des lois de conti-

nuité toujours profitables à leurs intérêts, et par conséquent à l'industrie en général.

XIII. — *Erreurs provenant de l'irrégularité du sous-sol.*

37. Les révolutions qui ont fait surgir les chaînes de montagnes, et les mouvements des eaux qui les ont dégradées, ont commencé à jouer leur rôle longtemps avant l'établissement de la période houillère. S'il en avait été autrement, ses sédiments auraient de toute nécessité constitué une nappe suffisamment continue pour ne laisser aucune prise aux incertitudes; d'un autre côté aussi la pétralogie ne serait pas grevée des schistes, des grès et des conglomérats de la grauwacke et autres aggrégations mécaniques antérieures aux terrains houillers.

Ces principes, d'une incontestable justesse, conduisent à conclure qu'avant le dépôt de la houille, il devait exister à la surface terrestre des concavités et des convexités, dont la disposition ainsi que l'étendue durent exercer une grande influence sur l'arrangement apparent des couches charbonneuses, en même temps que sur celui des grès ou des schistes qui les accompagnent. On conçoit en sus que des parties réellement continues doivent dans certains cas paraître comme étant complètement séparées les unes des autres par des arêtes rocheuses, en vertu de la seule raison que celles-ci s'étendent souterrainement assez loin pour n'avoir pas encore pu être contournées de manière à permettre de saisir la connexion des nappes établies le long de leurs deux versants.

Jusqu'à présent, il faut le dire, on a donné peu d'attention à cette cause de l'interception des gîtes houillers; cependant on peut déjà prévoir qu'elle doit être capitale, et pour la mettre dans tout son jour, je dois faire connaître quelques exemples qui sont parvenus à ma connaissance. Les uns, trop

restreints pour avoir arrêté les exploitations, serviront d'acheminement aux autres, qui pendant longtemps furent considérés comme constituant de véritables limites.

38. Parmi ces accidents, je mentionnerai en premier lieu la saillie granitique qui a été rencontrée aux environs de Blanzy, au fond des deux puits de l'Ouche, et à 4 ou 5 mètres au-dessous d'une couche de houille de 5 mètres de puissance. L'un de ces puits, portant le n° 1, n'a que 30 mètres de profondeur; le second, désigné par le n° 2, a dû être poussé jusqu'à 100 mètres pour atteindre la même roche cristalline; mais, plus loin, à l'est comme à l'ouest, aucun des grands foncements de l'exploitation n'a pu la faire découvrir. Ainsi le puits Harmet, muni de son sondage inférieur, est arrivé à la profondeur de 190 mètres, ceux de la Maugrand et de la Carrière ont été descendus jusqu'à 288 mètres, et celui de Ravez, dans le groupe du Montceau, a atteint 500 mètres, sans qu'elle ait été de nouveau attaquée au travers du terrain houiller.

Ces chiffres indiquent déjà par eux-mêmes une grande épaisseur pour les parties sédimentaires qui environnent le granit, et d'un autre côté ils conduisent à présumer que dès l'origine celui-ci surgissait en forme de piton ou d'écueil à parois abruptes, autour duquel les matériaux du terrain houiller ont été graduellement entassés jusqu'à ce qu'enfin ils en aient recouvert le sommet de toute l'épaisseur indiquée par le puits de l'Ouche n° 1. Pour donner actuellement à ce mode d'obstruction toute la certitude désirable, il suffira de faire observer que la couche exploitée aux puits de l'Ouche est loin d'être la plus profonde de la contrée, et qu'en outre cette même couche n'y est séparée du granit que par quelques assises de grès et de schistes, tandis que la véritable base de tout le système houiller consiste en une puissante masse de conglomérats.

Les indications fournies par cette importante station se trouveront complétées quand j'aurai fait remarquer que des dérangements postérieurs sont venus donner un plus grand relief à la saillie granitique, sans cependant la faire émerger en dehors des accumulations de la période houillère.

En effet, les couches de cette partie de la contrée ne possèdent que des inclinaisons assez faibles; mais autour des deux puits de l'Ouche il règne des inclinaisons qui dépassent quelquefois 45°, circonstance qui indique déjà une perturbation locale. A cette première circonstance il faut ajouter la considération du sens des pendages. A partir de ces mêmes puits et jusqu'à la limite méridionale du terrain, ils ont lieu vers le sud; mais à la latitude un peu plus septentrionale du puits des Estivaux, ils tournent vers le nord. Il s'ensuit donc que dans cette partie du voisinage de Blanzy, le terrain houiller a été arqué en forme de selle convexe vers le ciel, par l'effet d'une secousse survenue après coup, et s'il était nécessaire de fournir une preuve à l'appui de ce choc, on la trouverait dans l'état d'incohérence des couches qui reposent sur le granit. Au surplus le pli en question se propage fort loin dans le terrain houiller, et dès à présent il serait facile d'établir son raccordement avec les autres résultats des écrasements latéraux, qui, ainsi qu'on l'a suffisamment expliqué, ont affecté l'ensemble de la contrée.

39. Dans l'exemple qui vient d'être cité, les aspérités du sous-sol n'ont pas eu assez de relief pour surgir au-dessus de la surface, et d'un autre côté les érosions postérieures n'ont pas agi avec une intensité suffisante pour parvenir jusqu'à elles. La continuité du terrain houiller s'est donc maintenue de manière à ne faire naître aucune cause d'incertitude. Il n'en est plus exactement de même aux environs du pont de la Madelaine près de Rive-de-Gier. Ici les saillies primordiales sont dénudées au point de se montrer à la surface; elles

forment au milieu de l'ensemble sédimentaire une saillie oblongue, dont la disposition générale a été exactement indiquée sur la grande carte de M. Gruner, et son inspection démontre qu'elle n'a pas occasionné d'interruption dans la continuité du terrain carbonacé. Celui-ci l'environne, à peu de chose près, de tous les côtés, de façon qu'on peut se la représenter comme un îlot autour duquel les dépôts de la mer houillère se sont établis aussi librement que partout ailleurs.

Le terrain houiller de Saint-Pierre-la-Cour (Mayenne), est également posé entre les inégalités du terrain de transition, et l'arrangement général est tel, que sur une surface de 2 kilomètres carrés, on découvre pour ainsi dire deux bassins, dont l'un est plus important que l'autre.

A Littry les couches ont été accumulées de même dans plusieurs dépressions du terrain de transition; mais entre ces dépressions s'élevaient des aspérités, parmi lesquelles il faut citer en premier lieu un îlot de porphyre quarzifère, roche dont l'apparition était déjà ancienne, puisque l'on en retrouve les débris à l'état de galets parmi les conglomérats houillers. En outre, deux bourrelets du terrain de transition ont eu une hauteur suffisante pour que de nos jours l'ensemble de la formation se présente avec la fausse apparence de deux bassins distincts.

Les gîtes de Quimper et de Kergogne, sont pareillement séparés par une arête amphibolique qui se trouve établie entre les limites des deux prétendus bassins.

Enfin, à Roderen dans les Vosges, un filon de porphyre pinitifère, à pâte rose-jaunâtre, euritique, abondante, et à petits cristaux de feldspath, de quarz et de mica, çà et là granitoïde, traverse franchement le granit, suivant une ligne un peu sinueuse et sensiblement dirigée du N au S. Ce dycke forme une suite de proéminences dont les prismes effilés contrastent

d'une manière remarquable avec les gros cuboïdes émoussés du granit qui apparaît à leur pied occidental. Vers l'O, les mêmes rochers limitent les bancs houillers de Roderen et de St-Hippolyte sur une certaine longueur, et de manière qu'ils sont plus élevés que le granit du revers opposé. Cependant on n'y remarque aucune trace notable de dérangement non plus que de métamorphisme, de façon que l'idée la plus naturelle qui naît à la vue de l'arrangement respectif consiste d'abord à supposer l'antériorité du porphyre sur la sédimentation houillère, puis à admettre l'ablation de la partie occidentale du dépôt, qui, dans son état d'intégrité originaire, environnait le filon sur tous ses flancs. Il suffit pour cela que le filon en question ait formé une sorte de digue, à l'abri de laquelle toute la partie orientale du terrain sédimentaire put échapper à l'action érosive de quelques rigoles coulant le long des flancs des sommités placées à l'ouest.

40. Les mines de Ronchamp et de Champagney vont actuellement nous offrir un exemple plus développé et plus complexe du rôle de ces arêtes rocheuses antérieures à la formation houillère.

La découverte de ce gîte remonte à l'année 1750, et il fut entamé par les travaux d'exploitation sur un affleurement dont l'ensemble montre deux couches séparées par des alternances de schistes et de grès atteignant l'épaisseur de 15 mètres sur certains points. L'ensemble plongeant vers le sud ou plus exactement S $^1/_4$ SO, *hor:* 22 de la boussole du mineur, affecte une inclinaison à peu près parallèle à la pente extérieure des montagnes de transition, contre le pied desquelles il est appliqué; mais dans les détails on a trouvé des pendages qui atteignent qnelquefois 25 à 30 degrés. A cette indication générale il faut ajouter quelques failles dénivellantes, des *crains* ou *étranglements* provenant des renflements du toit ou du mur, et des *recrasses* ou *rehauses*, véritables glisse-

ments sans solution de continuité, car une trace charbonneuse conduit le mineur d'une partie à l'autre. Ces divers accidents se dirigent habituellement du NO au SE, parallèlement à un chaînon montagneux, compris entre Plombières et Belfort. Il paraît avoir été soulevé pendant le dépôt du grès vosgien et du grès rouge, et son établissement remonte ainsi à une époque antérieure à celle du grès bigarré.

Cependant d'autres perturbations présentent un caractère tout spécial, en ce sens qu'elles n'affectent pas la couche supérieure au même degré que la couche inférieure.

Celle-ci cessa de se montrer à environ 1000 mètres de son affleurement; elle a même manifesté sur cette étendue diverses solutions de continuité avec une allure ondulée, irrégulière, en vertu de laquelle elle tend à se rapprocher graduellement de la couche supérieure. Ces circonstances ont fait supposer qu'elle a été déposée dans une succession de dépressions du terrain de transition; d'ailleurs en quelques points on a aperçu au-dessous d'elle des indices d'une troisième couche inférieure, dont la structure est restée douteuse, parce qu'elle ne satisfaisait pas aux conditions exigées pour l'exploitation.

Le banc supérieur, au contraire, a été régulier et très exploitable. Cependant il s'est aminci dans le sens de la pente, de façon à se réduire à l'épaisseur de $0^{m},80$ ou 2 mètres, au lieu de conserver les 4 à 5 mètres qu'il possédait aux affleurements. On en a conclu qu'il devait avoir la forme d'une demi-lentille, allant se perdre à la rencontre d'une saillie du terrain de transition, placée au sud des anciens travaux. En vertu de cet arrêt le gîte fut considéré comme épuisé à l'époque de la publication de la *Carte géologique de France* en 1841, et la vente de la concession a été enfin décidée d'après une délibération nécessairement prise sous l'influence de la théorie des bassins circonscrits.

C'est alors que la direction de la mine fut confiée à un directeur expérimenté, M. Schutz, qui, en vrai mineur, laissant de côté les systèmes des écoles, pour se livrer à une étude sérieuse de la structure des localités, sut retrouver la continuation de l'ancienne couche, exploitée au-delà de la protubérance du terrain de transition. Cette saillie, du même genre que celles qui interceptaient de temps à autre la couche inférieure, en diffère simplement par une plus grande hauteur, en vertu de laquelle elle s'élève jusqu'à 51 mètres au-dessus de la surface de la plaine de Champagney. C'est plus qu'il n'en fallait pour que son interposition ait pu déterminer dans les dépôts supérieurs de la formation cette discontinuité locale, qui a failli compromettre l'existence de l'une de nos plus importantes exploitations.

La coupe *fig.* 1, de la *planche* I, dont je suis redevable à l'extrême obligeance de M. Schutz ainsi que de M. J. Kœchlin-Schlumberger, suffit pour faire ressortir les conditions essentielles de ce remarquable gisement. Grâce à une habile direction, ainsi qu'à une judicieuse entente de la géologie, un long avenir est réservé à une exploitation que l'on croyait éteinte, parce qu'elle n'avait porté que sur une minime fraction d'un vaste ensemble. Les besoins sans cesse croissants de l'industrie feront que, dans un avenir peu éloigné, des puits de 600 et d'environ 730 mètres permettront d'aborder les plus grandes profondeurs, et déjà la partie de la couche nouvellement mise en évidence montre, sur une puissance de 3 mètres, toutes les qualités réquises pour une bonne nature de charbon.

41. Rien n'empêche actuellement d'agrandir encore davantage le cadre des phénomènes de ce genre, de concevoir des massifs montagneux considérables, sur la périphérie desquels la houille et tout son cortége de grès et de schistes forment des ceintures, interrompues en apparence, mais con-

tinues en réalité, et dont l'œil du géologue saura découvrir la continuité du moment où il aura déposé ses préventions en faveur d'un système suranné. En tenant d'ailleurs sérieusement compte des effets résultant des inégalités du fond, des phénomènes occasionnés par les soulèvements, ainsi que par les écrasements latéraux des couches houillères, il aura en main les moyens de se tirer du dédale que peuvent lui présenter une foule de gîtes houillers. La théorie des érosions ainsi que le calcul des épaisseurs à traverser pour rencontrer la houille, pourront dans certains cas donner aux recherches tout le degré de certitude que l'on est raisonnablement en droit d'exiger en pareille matière. Sans doute on éprouvera malgré tout encore plus d'un mécompte, car nul ne peut prévoir toutes les *fantasias* des soulèvements ainsi que des torrents diluviens; mais c'est déjà beaucoup que d'être à même de suivre une marche rationnelle. Le reste appartient au chapitre des influences locales ainsi que des causes perturbatrices, dont nul ne peut être rendu responsable dans l'état actuel de la science.

Je ne terminerai pas sans avoir fait remarquer que la restauration des mines de Ronchamp n'est pas un des moindres services rendus au pays par nos laborieux et dévoués ingénieurs civils, qui, lancés dans une voie parallèle à celle de notre brillant état-major du corps des mines, travaillent, de concurrence avec eux, à la consolidation de l'avenir industriel de la patrie. La direction intelligente de M. Schutz, aidée de la persistance avec laquelle M. Agté a su vaincre les difficultés du sondage d'Esboulet au travers du grès rouge, a eu non seulement pour résultat d'assurer à l'Alsace de la houille à bon marché pour plusieurs siècles, elle a encore contribué à détruire des préjugés scientifiques, et je laisse à tous les hommes de cœur le soin de juger ce qu'il mérite à ce double titre.

XVII. — *Erreurs subsidiaires provenant des irrégularités de la houille.*

42. Certaines irrégularités de stratification, plus fréquentes dans les terrains houillers que dans les autres, ont conduit à imaginer l'existence de subdivisions originaires et bien tranchées dans un même dépôt; et cette nouvelle supposition est venue donner plus de corps à l'idée-mère. Depuis longtemps ces fractionnements apparents avaient été entrevus, et l'on trouve des traces de leur connaissance dans les anciennes leçons d'un célèbre naturaliste du siècle passé, Valmont de Bomare, qui, après avoir visité les houillères pendant plus de douze années, expliquait entre autres à ses auditeurs que la houille a été déposée dans des *méandres* accidentellement préparés par des révolutions locales.

Cette opinion, très rationnelle en elle-même, a malheureusement été exagérée de la manière la plus fâcheuse par l'ingénieur des mines, M. Beaunier, lorsqu'il fut chargé de l'étude du dépôt houiller de Saint-Étienne. Il crut alors découvrir au milieu de la complication provenant des plissements et des failles, plusieurs petits bassins particuliers, qu'il divisa arbitrairement en six groupes, contenant chacun un certain nombre de bancs de houille.

43. Le premier coup qui fut porté contre ce système résulta de mes études au sujet de la concession de Villars (*pag.* 2), et bientôt l'idée de M. Beaunier dut être complètement abandonnée pour Saint-Étienne. Cependant elle fut reprise et développée en 1842 par M. Burat, à l'occasion d'une exploration du dépôt de Saône-et-Loire. Il posa alors en principe que la continuité des schistes et des grès n'entraîne pas celle de la houille, et que l'ensemble du bassin se compose de divers bassins subordonnés, ayant des assises ainsi que des couches de combustible bien distinctes. Ces sous-bassins sont ceux

du Creusot, de Saint-Eugène, de Saint-Berain, de Longpendu, de Montchanin et de Blanzy. D'ailleurs, la conséquence de cet arrangement était pour le dépôt de Saône-et-Loire la chance de non-réussite des travaux effectués dans le but de découvrir des couches sous-jacentes à celles qui étaient connues en 1842.

Ces assertions sont sans doute bien nettes, et cependant l'on chercherait en vain dans le travail de M. Burat quelques données précises à leur appui. Aussi M. Manès ne tarda pas à les combattre à l'aide de divers raisonnements fondés. J'ai dû pour ma part reprendre cette question sur une plus grande échelle, et en suivant pas à pas les divers affleurements, j'ai pu constater qu'il existe du charbon dans une foule de points où M. Burat en nie la présence.

Ainsi sur la bordure méridionale du dépôt, à partir des hauteurs de Saint-Berain, on voit une file non interrompue d'excavations et de puits qui s'étend jusqu'à la Gagère, sur le canal du Centre. Au-delà du canal, viennent successivement les fouilles du ravin des Quatre-Vents, les indices de la ferme de Montaubry, la couche du Bois-des-Fauches, voisine de celle de Longpendu, qui elle-même se rattache à l'amas de Montchanin. Au-delà les recherches du Gratoux et de Ragny ont encore montré de la houille, enfin depuis Blanzy jusqu'aux Porrots, les lignes si régulièrement continues des puits font suffisamment naître l'idée d'une continuité, parfaitement confirmée par le succès obtenu dans le puits du Magny, placé vers l'extrémité SO de cette longue ligne.

En passant sur la bordure septentrionale, on voit pareillement le combustible du Creusot se prolonger sur le sentier qui conduit à Montcenis. De là aux fouilles de la Châtelaine il n'y a qu'un pas, et si l'on perd ensuite de vue les traces de cette continuité, c'est uniquement parce que le grès bigarré déborde le terrain houiller en venant se mettre en con-

tact immédiat avec les terrains anciens, depuis Chalas jusqu'à Saint-Eugène; mais ici une nouvelle dénudation laisse voir plusieurs couches, parmi lesquelles il en est une dont l'exploitation a pu être faite d'une manière assez soutenue malgré les inconvénients de la position. La houille existe donc sur toute l'étendue des lisières du dépôt de Saône-et-Loire; si elle n'est pas également exploitable sur tous les points, cela tient, non à l'établissement des bassins partiels de M. Burat, mais tout simplement à l'amincissement de certaines couches. La différence est capitale!

44. En recherchant actuellement les causes qui provoquèrent l'opinion de ce géologue, on comprend bientôt qu'il n'a pu déduire ses conjectures que de l'état des affleurements du dépôt de Saône-et-Loire, attendu que les parties médianes, noyées sous un épais amoncellement de grès bigarré, ne pouvaient évidemment pas être soumises à l'observation. Or, dans un sens général, on peut dire que les lisières d'un terrain quelconque ne sont en aucune façon assujetties à présenter les mêmes caractères que les parties placées davantage au large. La différence a même été caractérisée scientifiquement par la désignation de *dépôts littoraux*, que l'on met assez souvent en opposition avec les formations développées dans la haute mer; et, sans vouloir entrer à cet égard dans l'énumération des détails déjà fournis par l'étude circonstanciée de divers terrains, je puis cependant rappeler le suivant, qui se rattache à la question houillère plus directement que tout autre, puisqu'il concerne l'ensemble des assises secondaires, qui, sous le nom de *morts-terrains*, recouvrent la formation houillère du nord.

D'après M. Elie de Beaumont, la puissance de ces morts-terrains augmente considérablement à mesure qu'ils s'éloignent vers le SO de leurs affleurements contre les terrains anciens; il en résulte non seulement que leur horizontalité

n'est qu'apparente, mais encore que des assises, à la fois plus épaisses et en plus grand nombre, viennent successivement se superposer au terrain houiller. Les indications suivantes permettront de saisir cette gradation :

A Condé, près de la frontière, les morts-terrains n'ont que	30 à 40^{m}
A Valenciennes, ils atteignent déjà . . .	70 à 80
A Aniche, l'épaisseur va jusqu'à . . .	120
A Arras, on n'a retrouvé les schistes et les grès de transition qu'après avoir traversé . .	152
Entre Arras, Bapaume et Doulens, on a rencontré diverses couches de terrain crétacé jusqu'à	175
A Laon, un sondage, commencé dans la craie, par M. Mulot, n'en est pas sorti à. . .	300
Entre Dieppe et Neuchâtel, les assises moyennes du terrain jurassique n'ont pas été dépassées par un puits de	333
A Paris, la craie, à elle seule, dans l'abattoir de Grenelle, a présenté une épaisseur de . .	400 à 500

45. Eh bien ! les terrains houillers, sans offrir constamment un caractère de régularité aussi net, affectent cependant sur leurs bords des manières d'être assez spéciales pour avoir depuis longtemps fixé l'attention des mineurs. Ils savent que c'est d'ordinaire dans la partie la plus élevée et à l'origine des vallées que la nature de la houille est la plus variable et que les gîtes présentent les mélanges les plus irréguliers de schistes et de lentilles ou amas de houille. C'est ce que l'on voit à Saint-Georges-de-Châtelaison, aux Gabliers et Bérauds, au Creusot, et M. Beaunier, de son côté, a été frappé de l'accroissement en épaisseur que peuvent prendre dans la profondeur les couches de houille fortement inclinées. Enfin, d'après une loi générale, signalée pour la première fois par M. Harmet, les

houilles des environs de Blanzy s'améliorent en qualité ou en pureté à mesure que l'on s'éloigne davantage des affleurements.

On peut remarquer entre autres cette amélioration dans la couche du Lucy, qui, sur sa bordure, est moins belle qu'au nord des travaux, où elle est devenue plus pure et de meilleure qualité, en même temps qu'elle gagnait en puissance et en régularité.

De même, à Longpendu, il y a un perfectionnement prononcé dans la profondeur.

La différence est encore très remarquable entre les puits de Sainte-Hélène et de Ravez, qui sont placés sur le même pendage. Au premier, dont la position est assez rapprochée des affleurements, il règne dans l'ensemble des couches une schistosité extrême, les bancs de grès sont très minces, souvent feuilletés, le charbon est barré, et diverses assises d'argiles schisteuses complètent l'ensemble de cette structure. Dans le puits Ravez, les caractères inverses sont au contraire prédominants.

Il serait d'ailleurs facile de citer encore d'autres exemples de cette amélioration rapide du sud au nord du dépôt de Blanzy, de manière à faire voir que la loi de M. Harmet est très générale, sans être précisément absolue. Mais c'est sur la ligne même des affleurements qu'il importe de suivre le détail des phénomènes, afin de faire comprendre la cause des enrichissements et appauvrissements successifs qui ont fait admettre l'erreur des sous-bassins inclus dans le bassin général de Blanzy.

46. Ces affleurements méridionaux reposent sur la base du chaînon du Mont-Saint-Vincent, dont la structure est loin d'être simple. La direction NE-SO se complique de l'entrecroisement d'une chaîne orientée N-S, et qui se rattache près de la Guiche et de Matour aux montagnes beaujolaises du

Haut-Azergues. En cela l'arrangement général est en tout semblable à celui du Pilat, par rapport aux montagnes vivaraises, car on remarque en gros de part et d'autre la répétition de la forme d'un *T*, dont le jambage court du N au S, et le trait du SO au NE.

Un pareil entrecroisement doit nécessairement se manifester par quelques saillies du versant opposé à celui où s'opère la jonction. Dans l'intérieur de la vallée houillère de Saône-et-Loire, on remarque d'abord au SO le promontoire primordial de Salon ; davantage au NE, vient la ramification sur laquelle sont implantés les gneuss de Culise et de Gourdon, avec une pente inverse à la pente générale du sol. C'est aussi là que se trouvent les pittoresques escarpements de Marigny. Enfin, à quelques kilomètres au NE, la vallée éprouve un fort resserrement, sous l'influence probable d'un autre entrecroisement, qui est lié avec la jonction de la chaîne autunoise, placée au N du système de manière à s'étendre au loin dans la Côte-d'Or.

En tenant actuellement compte des dispositions de ces parties, on trouve entre le promontoire des Salons et l'arête de Marigny une dépression dans laquelle se trouvent les couches qui font la fortune des mines de Blanzy. Mais l'enrichissement est progressif; ainsi la belle couche de Lucy, qui est d'abord pauvre auprès des Salons, n'acquiert tout son développement que dans son extension vers le NE, et cette amélioration se soutient jusqu'au puits Harmet.

Plus loin, dans la même direction longitudinale, le puits des Communautés montre déjà un amincissement prononcé des couches; celui de Saint-Barbe est caractérisé par la maigreur de ses bancs; le puits Valentin n'exhibe plus qu'une subdivision extrême des assises. Enfin au Ragny et au Gratoux on ne rencontre que de petits culots de houille, isolés les uns des autres; c'est qu'en effet cette plage si pauvre, étant établie sur la prolongation souterraine de l'arête de Marigny,

a dû prendre les caractères d'un affleurement. On remarquera d'ailleurs que c'est précisément en face de cette pauvreté que se montre sur le flanc opposé de la zone houillère l'expansion du Creusot, station que l'on peut jusqu'à un certain point considérer comme le représentant marginal de la partie profonde d'un espace dont Ragny serait le haut-fond.

Au NE de cette plage, survient une dépression analogue à celle Blanzy. Elle est nettement caractérisée à la surface par l'évasement de Saint-Eusèbe, réceptacle principal des eaux de ce versant du chaînon Mont-Saint-Vincent. C'est là que se trouvent à la fois la rigole de Marigny, les étangs de Berthaud et de Montchanin, ainsi que le point de partage du canal entre l'Océan et la Méditerranée; et avec cette enfonçure, coïncide le retour de l'abondance houillère dans l'amas des Brosses, auquel succède l'ensemble encore puissant de Longpendu.

Quant à l'appauvrissement du dépôt, depuis ce dernier point jusqu'à Dheune, et tel qu'il se manifeste au puits du Chêne-Fredin, à celui du Bois-des-Fauches, à la fouille des Quatre-Vents, il est sans doute lié à l'étranglement que subit la vallée entre les roches primordiales de Villeneuve et des Ecouchets. Cela est si vrai, que, du moment où s'effectue la dilatation de la Gagère, la puissance se rétablit, en subissant d'ailleurs les vicissitudes provoquées par les dislocations de Saint-Berain.

47. Ces aperçus permettent de conclure que le caractère d'un affleurement peut varier en raison des hauts-fonds et des bas-fonds qu'il trouve sur son étendue; mais dans tout cela rien ne vient justifier l'idée des sous-bassins séparés par des intervalles stériles, puisque, comme je l'ai dit en débutant, la houille existe sur toute l'étendue de la ligne dont je viens de suivre les accidentations diverses.

On ne serait d'ailleurs pas davantage autorisé à recourir à la structure limitée des couches d'un système houiller, pour la

mettre à l'appui de la théorie des sous-bassins, parce qu'une foule de causes a dû occasionner des juxta-positions compliquées de superpositions de couches, dont la forme peut être lenticulaire, et qu'il est impossible de raccorder les unes avec les autres. En effet, dans une formation torrentielle, le lit doit naturellement présenter des inégalités analogues aux îles graveleuses et aux biefs profonds du Rhône; il peut aussi avoir été affecté après coup par quelques érosions locales. De là des inégalités dans les dépôts. D'un autre côté, on peut concevoir des refoulements occasionnés par les mouvements imprimés après coup à une houille encore plastique; ces compressions peuvent encore limiter les couches, et ces causes, essentiellement différentes, étant cependant de nature à amener des configurations lenticulaires à peu près analogues, on voit que l'explication n'aurait aucune base assurée. D'ailleurs, des allures tout aussi inconstantes se reproduisent dans les autres formations sableuses, et même dans celles qui, étant le produit d'une sédimentation tranquille, semblent au premier aspect avoir dû échapper aux diverses causes d'irrégularité qui ont pu affecter les autres. Les terrains jurassiques, par exemple, peuvent montrer de nombreux exemples de cette inconstance. Comme types de ce genre, on pourrait citer les étranglements des couches ferreuses de la base de l'oxfordien ainsi que du lias supérieur. Si même on voulait rejeter les dépôts de fer comme étant dûs à des causes exceptionnelles, on pourrait mettre en avant le *choin*, qui, malgré la puissance et la régularité qu'il affecte près du Sault, s'efface cependant au nord et au sud d'une ligne menée de Villebois à Mâcon, ainsi que l'a démontré M. Thiollière.

48. En considérant actuellement la question des affleurements d'une manière générale, on peut dire que si l'expérience a inculqué aux mineurs la nécessité d'éviter autant que possible les affleurements, c'est que diverses causes contribuent

à y provoquer l'établissement d'une constitution spéciale.

Ainsi une houille placée près du jour peut avoir été altérée jusqu'à une profondeur d'autant plus grande, que les roches encaissantes sont elles-mêmes plus perméables.

Il faut admettre aussi que les détritus dont se compose le terrain houiller ne sont pas nécessairement identiques dans toute l'étendue d'un dépôt un tant soit peu développé. On conçoit en effet que, dans un instant donné, les courants qui charrient les débris, doivent perdre leur vitesse en passant d'un évasement à un étranglement; il y aura donc entraînement des matériaux dans l'un des cas, et sédimentation dans l'autre. A des époques différentes, la vitesse des eaux, et par suite leur force de transport peut encore varier de manière à devenir faible là où elle était énergique, et réciproquement. De son côté, le charbon, résultat d'une végétation tourbeuse, développée dans les moments de calme, doit aussi ressentir l'influence des positions où il s'est établi. Sur les hauts-fonds et sur les rives peu inclinées, il n'aura acquis qu'une faible épaisseur. Au large, moins sujet à être recouvert par les limons des affluents, il sera plus pur et moins barré. Dans les parties très concaves, il prendra plus d'épaisseur par suite de l'enfoncement graduel du premier feutre herbacé sous la charge des nouvelles herbes qui ont végété à sa surface. Enfin cette même tourbe, épaisse et plus profondément immergée, n'aura pas eu à subir l'influence de l'air au même degré que celle des parties littorales ou peu profondes; moins *éventée*, s'il est permis de se servir de cette expression, elle donnera naissance à une houille dont les qualités ne seront pas nécessairement identiques à celle des autres emplacements plus superficiels.

De là toute cette foule d'exceptions qui jettent une si grande incertitude sur la règle générale des mineurs; ce n'est même que par un concours presque fortuit de circonstances

favorables qu'elle pourra se trouver vérifiée sur l'intégralité d'un espace un peu considérable. Quant aux partisans des sous-bassins, on voit qu'il leur reste encore une bien difficile tâche à remplir avant d'avoir démêlé leurs dépôts locaux et circonscrits au milieu d'enchevêtrements aussi complexes. Provisoirement je m'en tiendrai aux *méandres* de notre bon vieux Valmont de Bomare. Ses livres, que j'ai trouvés dans la bibliothèque de mon grand-père, m'ont inspiré dès ma jeunesse le goût de l'histoire naturelle : c'en est assez pour que je m'empresse de saisir cette occasion de lui offrir ce tribut d'amical souvenir.

XIII. — *Erreurs provenant de l'oubli de l'identité minéralogique des terrains houillers.*

49. Une condition de relation intime entre les divers gîtes houillers avait été observée par les anciens. Elle consiste dans la similitude remarquable des diverses roches qui constituent chacun d'eux; car ce sont partout ces argiles schisteuses et ces grès particuliers que le mineur Morand indiquait déjà en 1768. M. d'Aubuisson a encore insisté avec plus de force sur l'identité de tous ces dépôts. « C'est toujours, dit-il, « la même houille, avec tous ses mêmes caractères, le même « schiste bitumineux, la même argile schisteuse, avec les « mêmes minerais de fer, le même grès avec ses accessoires, « les mêmes empreintes végétales, les mêmes circonstances « de forme, d'allure et de disposition réciproque des cou- « ches. »

Sans doute d'autres combustibles minéraux, les lignites, sont aussi accompagnés de grès et d'argiles schisteuses. Mais, abstraction faite des accessoires calcaires ou argileux qui ne sont pas les mêmes, il ne mériterait évidemment pas le nom de minéralogiste celui qui serait assez pauvrement doué, quant à ses organes visuels, pour confondre un grès ou un

schiste houiller avec leurs homonymes lignitifères. Quelque superbe que soit le dédain avec lequel on traite actuellement les caractères pétralogiques des roches, on ne disconviendra du moins pas que ceux-ci sont déterminés, au point que tout homme, si peu expérimenté qu'on veuille se le figurer, ne se laisse guère induire en erreur à leur égard. L'identité se soutenant d'ailleurs en Angleterre aussi bien qu'en France ou en Allemagne, etc., on est en droit de partir des seuls caractères pétrographiques du terrain houiller pour établir une communauté d'origine aussi irréfragable que l'est celle des divers micaschistes disséminés à la surface du globe. Si donc on admet une formation marine pour un pays, il faudra l'admettre pour un autre, tout comme la réciproque devra être acceptée si l'on veut soutenir la cause contraire.

Cependant ce principe, tout naturel qu'il soit, ayant été perdu de vue, on me permettra de revenir sur la question, en me bornant toutefois à insister spécialement sur les particularités les plus remarquables des diverses assises il serait aussi inutile que fastidieux d'entrer dans les minuties descriptives au sujet de faits avec lesquels tout le monde est familiarisé.

50. En France on a été amené à subdiviser le terrain houiller en trois étages bien distincts et qui se coordonnent en gros, de manière que la base de l'ensemble est caractérisée par la prédominance des conglomérats ou grès grossiers, la partie supérieure étant représentée par les schistes bitumineux, tandis que les grès à éléments de grosseur moyenne sont plus particulièrement affectés à la partie moyenne.

Les conglomérats inférieurs ont été mis en évidence dans une foule de localités houillères, telles que Quimper, Ségure, Saint-Gervais, les Vans, Aubin, Commentry, Montluçon, Doyet, Brassac, Saint-Etienne, Blanzy et Epinac. On les retrouve à Eschweiler, etc. Ces roches portent en elles les

caractères les plus saillants d'une *formation torrentielle*, conformément aux idées de M. Necker, ou d'une sorte de *diluvium*, suivant M. Elie de Beaumont. Il est de fait que plusieurs irruptions aqueuses succédèrent à l'agglomération du calcaire carbonifère, et ont troublé encore plus tard les instants de repos pendant lesquels se sont constitués les amoncellements de la houille. Ce qui le démontre, c'est que les conglomérats ne forment pas seulement le lit de l'ensemble houiller. Ils reparaissent à diverses reprises au-dessus des premiers lits de charbon, étant d'ailleurs entremêlés de couches de grès et même de quelques lits d'argile schisteuse.

Parmi les stations les plus remarquables sous le point de vue de l'ampleur de leurs blocs, on peut citer les environs d'Aubin, de Rive-de-Gier et de Saint-Etienne. Ici on voit entre autres, auprès de la Fouillouse, dans la vallée du Furan, des masses du volume de plusieurs mètres cubes. A Epinac les conglomérats renferment des monolithes de telle dimension qu'un puits a été percé sur une longueur de plusieurs mètres dans l'épaisseur de l'un d'eux. Un pareil caillou phénoménal s'est montré à Blanzy pendant que l'on procédait à l'approfondissement du puits Ravez. Il fit naître une discussion en ce sens qu'il s'agissait de faire arrêter le foncement, sous le prétexte que l'on travaillait inutilement à perforer dans le granit en place. Les mineurs expérimentés s'attachèrent au contraire à parachever leur besogne, et ce fut avec autant de raison que de bonheur, car on rencontra un peu plus bas une couche de qualité supérieure à celle des lits appartenant à l'étage moyen. Ce résultat amène d'ailleurs à faire croire que le pointement granitique trouvé au puits de l'Ouche (38) pourrait n'être qu'un bloc erratique du même calibre, d'autant que de part et d'autre les roches houillères descendent assez rapidement à de grandes profondeurs. Cette pensée m'a même préoccupé pendant quelque temps; cependant les

autres considérations géologiques énumérées à la même occasion, m'ayant paru de nature à faire prévaloir l'hypothèse d'une saillie faisant partie du bourrelet général qui longe cette bordure de la vallée, j'ai dû la maintenir jusqu'à preuve positive du contraire.

51. Les grès houillers de l'étage moyen sont très variables quant à la grosseur et à la nature de leurs sables, dans lesquels c'est quelquefois l'élément feldspathique et quelquefois l'élément quarzeux qui prédominent; cependant en tenant compte de l'ensemble ainsi qu'il convient de le faire toutes les fois qu'il s'agit de la minéralogie des roches, on arrive toujours à les reconnaître. Quelques-unes de leurs assises ont un caractère typal tellement prononcé qu'aucune incertitude n'est possible. Cela est même si vrai que M. Dufrenoy a cru retrouver à Decazeville le millstone-grit anglais, et pour notre part nous n'avons pas hésité, M. Graff et moi, à donner le même nom à un gros banc inférieur de Neffiez, bien que la concordance parfaite du niveau géologique puisse faire l'objet de quelques contestations. Il ne s'agit en cela pour nous que d'un nom servant à indiquer une roche similaire, malgré tout ce qu'on pourra alléguer au sujet des origines lacustres ou marines.

Il en est de même des argiles schisteuses qui séparent les divers bancs de ces grès; nul autre terrain n'en renferme de pareilles, et parmi celles d'un même étage houiller, il en est dont la physionomie est assez expressive pour qu'elles puissent servir d'*horizon*. En général les mineurs doivent accorder la plus grande attention à la constitution de ces schistes, aussi bien qu'à celle de leurs grès, parce qu'elle les met à même de raccorder facilement les diverses parties de leurs couches. Tantôt ces roches se distinguent les unes des autres par la présence ou par l'absence du fer carbonaté; ailleurs c'est la nature micacée, feldspathique ou

quarzeuse des sables qui prédomine. On a aussi des argiles endurcies, schisteuses, qui se rompent en fragments rectangulaires, témoin le *petit carreau* ou le *gore des veines* du Mont-Salçon. Quelquefois un banc de grès *gratteux* (caillouteux) reposera immédiatement sur le charbon; ailleurs le toit se composera de schistes, etc.

52. C'est surtout dans l'étage supérieur que l'on retrouve les similitudes les plus frappantes. Il se compose partout de schistes que leur saturation en bitume peut faire souvent et avec raison qualifier du nom de *brand-schiefer*, que l'on peut traduire par celui de *schiste-combustible*. Ces schistes contiennent çà et là des assises ou de simples rognons calcarifères. M. Elie de Beaumont l'a dit, et par conséquent on ne peut l'oublier: « Des couches calcaires sont connues dans les « parties supérieures du terrain houiller de la Glane et de « Sarrebruck, de Villé (Bas-Rhin), de Littry (Calvados), de « Saint-Gervais (Hérault), de Schrewsbury et de Coal-Brook- « Dale en Angleterre. » Je complèterai simplement cette liste en y ajoutant les stations de Roderen, de Ronchamp, d'Autun, d'Epinac, du Creusot, de Saint-Berain, de Lucy près Blanzy, et de Bert près de La Palisse.

A Villé les dolomies qui accompagnent ces schistes sont compactes, à cassure écailleuse, un peu nacrée, avec une couleur de café au lait. Elles ont donné à l'analyse de M. Berthier:

Carbonate de chaux.	44,86	
Carbonate de magnésie. . .	34,92	
Carbonate de manganèse. .	3,42	99,12
Carbonate de fer.	1,32	
Argile.	14,60	

A Autun ces schistes bitumineux avaient depuis longtemps été remarqués à cause de leurs nombreuses empreintes de

poissons et de leur richesse en produits huileux. M. Manès y a trouvé également sur quelques points une énorme quantité de rognons calcarifères, et cependant M. Berthier leur assigne la composition suivante :

Silice	44,10	100,00
Alumine.	23,50	
Oxide de fer	5,90	
Matières volatiles. . .	26,50	

D'après cela ces roches doivent être considérées comme étant des silicates AS^2 hydratés, résultat qui ne s'accorde guère avec la dénomination usuelle de schistes marno-bitumineux, sous laquelle les assises du zechstein sont désignées. C'est pourquoi à titre de renseignement complémentaire je placerai ici les indications qui m'ont été fournies par quelques essais analytiques que je fis en 1823 à l'École des mines de Paris. Ils ont porté sur un schiste cuprifère du Mansfeld, facilement fusible en un verre brunâtre, bulleux et produisant une effervescence prononcée avec les acides.

Silice.	3,89	10,00
Alumine	1,02	
Carb. calcaire.	1,95	
Carb. magnésien. . . .	0,65	
Peroxide de fer	0,42	
Sulf. de fer et cuivre. .	0,71	
Perte, eau et bitume. .	1,36	

Au surplus je reviendrai plus en détail sur la disposition de ces roches à l'occasion des considérations géologiques qui feront la clôture de mon énumération des erreurs qui ont fait méconnaître l'unité d'action dont les terrains houillers sont le résultat. Alors il sera question des liaisons de l'étage supérieur avec le zechstein; pour le moment je dois encore insister sur quelques accessoires minéralogiques.

53. Le terrain houiller est remarquablement métallifère; ses rognons ou bancs de fer carbonaté lithoïde sont bien connus quant à leur composition et à leur universalité. On a également observé la teinte rouge spéciale à divers grès schisteux micacés; elle est dûe à une surcharge en oligiste terreux, qui, dans quelques cas, devient assez forte pour que la roche soit jusqu'à un certain point exploitable. Ces couches rubéfiées dominent surtout dans l'étage inférieur, qui les montre dans une foule de stations où il a été mis au jour par les soulèvements et les érosions; elles semblent constituer chimiquement la transition du old-red-sanstone au new-red-sandstone, qui sont placés l'un dessus et l'autre dessous la formation houillère.

Les pyrites de fer jouent un rôle trop important pour être négligées, d'autant que leur influence par rapport aux qualités de la houille est souvent assez fâcheuse. Les écailles des *Palœoniscus* d'Autun sont souvent pyritisées; il en est de même du *Palœoniscus Freieslebeni* du kupfer-schiefer d'Eisleben dans la Thuringe.

D'autres sulfures accompagnent volontiers les précédents; mais ils prédominent au milieu des schistes bitumineux. A Suhl et à Goldlauter on y indique la présence de minerais argentifères, du cuivre gris, de la galène et des pyrites cuivreuses. A Lebach la blende s'est quelquefois substituée à la matière coprolitique des rognons du fer carbonaté lithoïde. A Neffiez la condensation métallique se manifeste également dans les coprolites par de petites veinules ou par des mouchetures de galène et de cuivre pyriteux. J'ai trouvé le sulfure de plomb dans les schistes de Chambois près d'Autun. A Munsterappel c'est le cinabre qui a teinté de son rouge vif les écailles des poissons. A Roderen M. Daubrée a signalé récemment une remarquable dissémination des pyrites arsénicales. Déjà en 1820 j'avais rapporté de cette localité à

l'Ecole des mines de Paris de petites géodes tapissées de fer carbonaté rhomboïdal, de cristallisations hémitropes de cuivre pyriteux et d'élégants petits prismes de mispickel. Les houilles de Commentry et d'Alais entrent quelquefois en combustion et dégagent des vapeurs parmi lesquelles on trouve le sulfure d'arsenic et autres composés arsénicaux. A Ronchamps M. Thirria a remarqué pareillement dans les schistes la réunion suivante, savoir: pyrite de fer, blende, galène, cuivre pyriteux, fer oligiste, dolomie rhomboïdale et baryte sulfatée. Les conglomérats inférieurs d'Azerat, dont j'ai indiqué la position (25), sont pénétrés de colorations cuivreuses, carbonatées sous l'influence de l'air, et assez prononcées pour avoir plus d'une fois tenté les spéculateurs. On peut compléter cette liste par le vanadium, dont M. Kersten a trouvé des indices dans les schistes bitumineux du Mansfeldt ainsi que dans les scories provenant du traitement de ces roches cuprifères. Enfin, comme corps remarquables contenus dans les houilles, on peut ajouter le chlore et surtout l'iode. Le premier se sublime à l'état de chlorhydrate d'ammoniaque dans les incendies des houillères de Saint-Etienne. L'iode a été découvert par M. Bussy, sous la forme d'iodhydrate d'ammoniaque; il existe dans la houille, il reste dans ses cendres, et on le retrouve parmi les produits de la fabrication du gaz.

Les fissures de retrait des grès houillers aussi bien que celles des schistes, contiennent également de la blende, de la galène et des pyrites; mais elles sont plus spécialement remarquables à Rive-de-Gier par leurs petits filons de ségrégation, dont les géodes sont tapissées, d'après M. Drian, de calcaires cristallins, variétés *dodecaëdre*, *équiaxe* et *raccourcie*, de baryte sulfatée, var. *retrécie, apophane, épointée, sexdécimale*, et de pyramides quarzeuses généralement répandues. A Anzin la réunion des cristaux de la baryte sulfa-

tée forme quelques rosaces d'une régularité remarquable; à Littry elle se montre jusque dans le conglomérat inférieur. A Bert j'ai vu des filons de dolomie rose dont la constitution est de nature à mériter l'attention des théoriciens. Ils forment des barrages de quelques centimètres d'épaisseur, qui séparent une couche de houille en plusieurs parties, de façon qu'il faut les traverser pour en trouver la suite. Ils sont si intimement soudés à la matière encaissante qu'ils semblent avoir été injectés à l'état de fusion. Ils sont géodiques, et leurs géodes sont garnies des rhomboëdres ordinaires de la substance. Quelques filets latéraux représentent le rubannement des filons classiques. Cependant il n'y a là, ni fusion, ni injection, ni vaporisation, ni même peut-être action d'eau chaude; tout s'explique du moins très facilement par la simple concentration des parties dissoutes; elles sont appelées vers le vide de crevasses, produites elles-mêmes par les mouvements de retrait, qui sont la conséquence normale de la solidification des masses d'origine aqueuse. Enfin la silice, de sa nature si pétrifiante, s'est encore chargée du soin de silicifier les fragments des conifères d'Autun, de Littry, de Rive-de-Gier et de Sainte-Foy-l'Argentière.

La théorie des imprégnations mercurielles des bords de la Glane est facile à établir. Les affleurements des nombreux filons de mercure du pays, oxidés par l'air, ont fourni la base des sulfates, et ceux-ci, mis en contact avec les matières organiques, ont pu subir l'effet réductif qui a imprégné de cinabre les écailles des poissons. Une explication analogue peut être avancée pour les autres cas sus-mentionnés, car les filons de cuivre et de plomb ne manquent pas, ni à Neffiez, ni à Giromagny près de Ronchamp, ni autour de Roderen à Sainte-Marie-aux-Mines. Elle est également applicable au zechstein cuprifère du Mansfeld, ainsi qu'à toutes les autres couches métallifères d'une localité quelconque.

54. En prenant actuellement en considération cette uniformité qui se soutient dans les terrains houillers ainsi que dans leurs annexes jusque dans les dernières limites de la minéralogie, je me regarde plus que jamais enclin à déclarer que ce serait vraiment abuser de l'emploi des facultés créatrices de la nature que d'imaginer qu'elle a confectionné les mêmes types avec des moyens aussi disparates que le sont les eaux d'une grande mer et celles d'un marais d'eau douce. Admettons au contraire les mêmes causes pour les mêmes effets, et tout sera ramené à une uniformité conforme au grand principe de Newton. *Natura simplex!*

XIV. — *Erreurs provenant de faux principes paléontologiques.*

55. Diverses subdivisions du système carbonacé sont abondamment pourvues de restes de poissons appartenant à des familles qui de nos jours fréquentent habituellement les eaux douces. Et de ce qui arrive actuellement on a cru pouvoir conclure qu'il en a été de même dans les temps passés. En cela on n'a pas eu égard à la différence qui peut exister dans les habitudes des espèces; cependant, comme chacun est en droit de conclure d'après les analogies, tant qu'elles ne sont pas contraires aux faits, je vais immédiatement mettre en parallèle les poissons des dépôts réputés d'origine lacustre avec ceux dont la formation marine est admise sans contestation.

Les poissons houillers les plus ordinaires appartiennent aux genres *Pygopterus, Amplypterus* et *Palæoniscus;* ils ont été rencontrés dans les pays et dans les stations suivantes:

Pygopterus.	*Angleterre.*	Burdiehouse, New-Haven.
	France.	Autun
	Allemagne.	Sarrebruck.
Amblypterus.	*Angleterre.*	New-Haven, Wardie près de Leith.
	France.	Autun.
	Allemagne.	Sarrebruck, Borschweiler près de Birkenfeldt.

Palæoniscus.	*Angleterre.*	Burdiehouse, New-Haven, Stafford, Anglesey.
	France.	Autun.
	Allemagne.	Munsterappel, Heimkirchen, Glatz, Goldlauter, terrain houiller de la Saale près de Wettin.
	Etats-Unis.	Sunderland dans le Massachusset.

Il résulte de ce simple rapprochement que les Palæoniscus ainsi que les Pygoptères se trouvent en Angleterre aussi bien qu'en France et ailleurs; malgré la dissemblance admise à l'égard des eaux dans lesquelles les gîtes houillers se sont développés. Cette circonstance suffit pour anéantir immédiatement la valeur qui a été attribuée aux caractères organiques de ces êtres.

56. On peut encore appuyer cette conclusion en faisant intervenir les mollusques qui se trouvent également dans les terrains carbonacés, où déjà ces fossiles avaient été remarqués depuis longtemps. Ainsi Voigt possédait des argiles schisteuses contenant de petites bivalves, qu'il croyait pouvoir rapprocher des *Tellinites* et des *Musculites*. De même Schlottheim indiquait des *Musculites* et des *Mytulites* dans les terrains houillers de Rothembourg et de Suhl. Mais c'est sur les observations des géologues anglais qu'il importe de fixer plus spécialement l'attention. Ils citent des coquilles bivalves, fort semblables aux moules d'eau douce ou aux *unios*, dans les terrains houillers du Northumberland, du Staffordshire, du Schropshire et du Yorckshire, près de Pontesbury, Bootwood Uffington, Newcastle, Schrewsbury, etc.

Ces *unios* sont plus communs dans les masses de fer carbonaté lithoïde que dans les argiles schisteuses; cependant MM. Sedgwick et Murchison en ont rencontré dans un calcaire. M. Buckland a également reconnu dans le calcaire carbonifère de Briquegneaux près de Namur une petite couche remplie de ces coquilles lacustres qui rappellent celles des couches d'eau douce des environs d'Edimbourg. Enfin M. Wil. Hutton ayant rémarqué que les *unios* sont très com-

muns dans la partie des houillères du Northumberland, où abondent les *stigmaria*, en conclut qu'un marécage a dû exister dans ce lieu pendant un certain laps de temps.

57. Cependant des études plus précises ont amené à reconnaître des associations bien autrement importantes que les simples fossiles sus-mentionnés. D'après MM. Horner, Hibbert et autres géologues, le *Megalichthys*, poisson voisin des *Lepidosteus*, qui vivent en partie dans les eaux douces, et en partie dans la mer, se trouve à l'ouest du Fifeshire dans un kannelkohle; les couches calcaires riches en poissons de Burdiehouse sont presque contemporaines à une assise également calcaire et riche en fossiles marins. On a même avancé que certains grès houillers de Coal-Brook-Dale contiennent à la fois des unios, des goniatites, des orthocères et des térébratules, de même qu'à Liége on aurait, dit-on, trouvé le *Goniatites sphericus*? D'ailleurs, de Joppa sur la côte de Firth-of-Forth jusqu'à Pentland-Hills, c'est-à-dire à Burdiehouse, à Mit-Calder, à East-Calder, à Kirkton, à Schrewsbury, les couches du calcaire carbonifère marin à productus recouvrent des assises de 9 mètres d'épaisseur de calcaires d'eau douce, dans lesquels on trouve des poissons du genre *Palæoniscus*, des écailles, des dents de *Megalichtys* et aussi une tortue analogue à la *Chelys matamata*, qui vit dans les eaux douces actuelles.

Cette dernière interposition a fait prendre en considération les habitudes des *unios*. On a vu qu'ils ne sont pas essentiellement des coquilles de marais, mais des coquilles de rivières. Aussitôt l'on est parti de cette donnée pour en conclure que le groupe carbonifère ancien de Burdiehouse avec ses restes de vertebrés, ses mollusques, ses végétaux, ses sables et cailloux, n'est autre chose qu'une alluvion fluviatile, charriée vers l'embouchure des fleuves, dans les anses, dans les golfes et autres articulations du rivage. En d'autres

termes on est arrivé à énoncer que l'ensemble houiller avec ses calcaires anciens doit être une formation littorale ou cotière.

58. Ainsi donc les prototypes des terrains carbonacés marins, les couches sur lesquelles on se basait pour établir une différence entre nos pays et l'Angleterre, sont ramenées pour ainsi dire au même point. Certes, s'il m'avait fallu obtenir un exemple des aberrations auxquelles peut conduire l'abus de la paléontologie, je n'aurais pas pu être mieux servi. En effet, quelle preuve a-t-on que ces dépôts prétendus littoraux, parce qu'on ne les a examinés que sur des affleurements, ne s'étendent pas au large sous toute l'épaisseur jusqu'à présent inexplorée des terrains houillers? Qui ignore encore que certains mollusques ou poissons peuvent s'habituer à vivre alternativement dans les eaux les moins chargées de sels et dans celles qui sont portées à un haut degré de salure? Des expériences de cabinet ont été faites à cet égard par M. Beudant. On voit d'ailleurs des espaces maritimes voisins des embouchures de quelques fleuves, et par conséquent remplis d'eaux saumâtres qui sont fréquentées par des êtres qui ne craignent pas de s'aventurer tour à tour au large et dans l'intérieur des fleuves. Enfin plusieurs espèces passent d'un élément dans l'autre, en obéissant aux nécessités de leur reproduction.

Il s'en suit qu'une foule de causes peuvent amener des changements d'une nature telle, qu'il n'y a absolument rien à déduire de la ressemblance générale de certaines formes anciennes avec les formes nouvelles. Cela est même si vrai, que dans les calcaires lithographiques de Cirin, M. Thiollière, dont les beaux travaux ichthyologiques sont si dignement appréciés, a trouvé la plus remarquable promiscuité de fossiles marins et de poissons présumés d'eau douce avec autant de raison que ceux des terrains houillers. Dès-lors

pourquoi refuserait-on d'étendre à ces dernirs terrains ce que l'on doit admettre pour les terrains jurassiques? Evidemment la réserve la plus grande est commandée par les circonstances; les indications paléontologiques ne deviendraient admissibles qu'autant qu'une concordance complète avec l'ensemble des gisements serait venu à leur appui. Au surplus les géologues que la question intéresserait pourront trouver de plus amples détails à ce sujet dans mes *Recherches sur la distribution de quelques animaux aquatiques du bassin du Rhône. (Ann. de la Soc. d'agr. de Lyon, 1853.)*

59. Il est inutile de s'appesantir pour le moment sur les empreintes végétales des terrains houillers; je ne pourrais donner à leur égard qu'une faible reproduction des belles études de M. Ad. Brongniard. En revanche, pour stimuler le zèle des mineurs mes confrères, je leur fournirai quelques indications au sujet des êtres du règne animal de l'ensemble houiller. Autrefois ils étaient réputés pour de véritables curiosités paléontologiques, et maintenant ils commencent à se multiplier considérablement.

Ces restes sont rares dans les étages inférieurs du terrain houiller; M. Locard a trouvé au Treuil quelques écailles de poissons. Elles deviennent abondantes dans l'étage supérieur, où il existe des assises tellement chargées de ces résidus de la décomposition des poissons, que M. Jameson a pu proposer de donner aux schistes des bords du Forth qui les contiennent le nom de *schistes à écailles* par opposition aux *schistes à empreintes végétales*. En France les poissons sont connus depuis longtemps à Commentry, à Autun et à Fins. M. Manigler en a rassemblé de fort beaux à Bert près de La Palisse; M. Graff m'en a procuré à la suite de ses recherches sur l'étage permien de Neffiez. Averti moi-même par la présence des walchia dans l'épaisse masse de schistes dont se compose le gîte du Creusot qu'elle pouvait contenir les pois-

sons autunois, j'ai fini par apprendre que les mineurs en trouvaient de temps à autres dans leurs galeries, et de plus l'un des contre-maîtres m'en a montré un qu'il avait conservé. A l'aide de ces découvertes, j'ai pu lever les difficultés que l'on cherchait à imaginer pour ce recoin, dont on voulait faire un étage houiller inférieur à cause de ses houilles anthraciteuses, et cela malgré les caractères minéralogiques qui le rattachent à l'étage supérieur. Celui-ci est d'ailleurs également caractérisé à Saint-Berain ainsi qu'à Longpendu par ses écailles de poissons, et il se prolonge jusqu'à Lucy, aux Georgets et chez Legain. Je joins ici les listes des poissons de deux gisements pris, l'un en France et l'autre en Allemagne, afin de faire voir que ces êtres se sont distribués en raison de quelques circonstances qui leur étaient favorables ou nuisibles, de même que de nos jours on ne voit pas de saumons dans la Seine non plus que dans le Rhône, bien qu'ils se plaisent dans la Garonne, la Loire, la Somme et le Rhin.

LEBACH PRÈS SARREBRUCK.	AUTUN.
Amblypterus macropterus.	Palæoniscus Blainvillii.
— latus.	— Woltzii
— eupterigius.	— angustus.
— lateralis.	— magnus.
Acanthoïdes Bronnii.	Pigopterus Bonnardi.

Le palæniscus magnus d'Autun, d'après M. l'abbé Landriot, se trouve dans les schistes à tous les niveaux, bien que dans quelques localités il puisse se montrer spécialement concentré dans une lame déterminée. A Lebach, à New-Haven et à Wordie, on trouve les amblypterus de préférence dans les rognons de fer carbonaté lithoïde.

A la suite des vertebrés précédents on peut ranger un poisson sauroïde? de grande espèce, découvert à Autun par M. Ad. Brongniard; une tête de saurien que nous avons trouvée M. Graff et moi dans les schistes du lit de la Thongue

près de Neffiez, et aussi l'*Archægosaurus Decheni* de Lebach; ces sauriens ajoutent quelques nouveaux membres à la famille des reptiles qui en Angleterre sont représentés par la tortue déjà indiquée (57).

Les coprolites sont assez communs à Neffiez, à St-Berain, au puits des Voisottes près de Longpendu, à Autun et à Sarrebruck; nous avons eu occasion d'en parler plus amplement quand il a été question des minerais métalliques de la formation houillère (53).

Les crustacés cyprioïdes, désignés sous le nom de *possidonies*, accompagnent les poissons d'Autun, et ils ont pu être déterminés d'une manière rigoureuse d'après les échantillons recueillis par M. l'abbé Landriot. Un autre crustacé, très remarquable par sa ressemblance avec les crevettes, le *Gampsonix fimbriatus*, a été découvert dans les rognons de fer carbonaté lithoïde de Lebach. Ces crustacés deviennent surtout évidents quand ce minerai a subi le grillage destiné à l'approprier à la fusion; on doit donc engager les mineurs à porter leur attention sur ces tubercules qu'ils cliveront dans le sens de leur grand axe.

La classe des insectes a aussi ses représentants dans le terrain houiller, car on y a remarqué un coléoptère du genre *curculioïdes*, des orthoptères du genre *blattina* et *acridites*.

En Bohême on a également trouvé les restes d'un scorpion; enfin on y a signalé des *microlebis* et *cyclophtalmus*, qui complètent la liste des arachnides.

Ces intéressantes découvertes ne me laissent pas douter un seul instant qu'avec un peu de persévérance, la faune houillère ne soit bientôt susceptible d'être mise en parallèle avec celles des autres formations.

XV. — *Erreurs provenant de l'imperfection des connaissances au sujet des associations du terrain houiller.*

DÉTAILS PRÉLIMINAIRES.

60. Jusqu'à présent j'ai passé en revue une série de détails passablement démonstratifs en faveur de la théorie française, qui en définitive se réduit à ne pas séparer le mode de formation des terrains houillers de celui des autres terrains. Cependant nos raisons pourraient encore ne pas être considérées comme étant de nature à entraîner les convictions au sujet du point capital de l'origine marine de nos dépôts houillers. Il s'agit donc de leur donner tous les appuis désirables, et dans ce but il importe d'aborder l'histoire des discussions qui ont surgi à l'occasion des associations du terrain houiller. Cette histoire constitue une nouvelle odyssée, pleine de vicissitudes et de phases diverses, qu'il faut encore subir avant de pouvoir considérer la question houillère comme dégagée de ses entraves.

En reprenant donc les choses de plus haut, je rappellerai que dans notre pays le terrain houiller se trouve fréquemment couché, sans intermédiaire, sur les roches cristallines anciennes. Il n'offre que très rarement les caractères métamorphiques, si communs dans les sédiments antérieurs; et de plus, comme on l'a vu (12), il est généralement moins exhaussé au-dessus du niveau des mers que les autres formations. Cet ensemble de circonstances a pu le faire considérer comme devant être placé en tête des terrains secondaires, arrangement qui, du reste, s'harmonise très bien avec les caractères pétralogiques des formations immédiatement supérieures. On peut en effet voir un immense groupe essentiellement arénacé, multicolore, entrecoupé de précipités chimiques et complexes dans toute la période comprise entre le début de la sédimentation houillère et celle des terrains jurassiques.

Cependant les caractères paléontologiques actuellement en faveur ont amené à établir un groupement différent, et celui-ci étant, aux yeux de certains géologues, de nature à faire raccorder d'une manière plus nette le terrain houiller avec les formations marines, je dois naturellement recourir à cette nouvelle interprétation pour faciliter l'admission de mes aperçus chez les partisans de la formation lacustre de la houille. A cet égard c'est encore l'Angleterre qui doit être prise comme point de départ; car, on l'a déjà dit (3), l'un des résultats les plus immédiats de la centralisation ayant été le délaissement momentané du sol si riche et si varié de la France, nos savants n'avaient qu'à obéir aux inspirations étrangères.

CLASSIFICATIONS DIVERSES.

61. Hutton signala de bonne heure un certain calcaire dont les assises alternent avec les assises inférieures du terrain houiller : l'exactitude de cette observation a été vérifiée depuis par MM. Weawer, Thomson et Jameson dans diverses parties de l'Angleterre, et notamment dans le Northumberland. Ces calcaires contenant d'ailleurs des crinoïdes ainsi que d'autres fossiles marins, l'origine marine de la formation houillère fut admise sans contestation pour ce pays; la grande étendue superficielle qui en Angleterre est occupée par le terrain en question justifie suffisamment cette manière d'envisager les faits (1). Enfin, en vertu de la connexion indiquée, ce calcaire, souvent désigné sous le nom de *mountain-limestone*, reçut plus particulièrement celui de *calcaire carbonifère*.

Cependant les découvertes des géologues anglais ne devaient pas se borner à ces simples aperçus. S'attachant, sur leur propre sol, à l'étude des terrains dits de *transition*, avec une persistance égale à celle qu'ils avaient apportée dans le débrouillage des diverses parties de leur système jurassique, ils comprirent la nécessité de subdiviser l'ensemble ancien en plusieurs formations. MM. Conybeare, Philipps, Buckland,

Lonsdale et Sedgwick se signalèrent tour à tour par leurs découvertes dans cette voie nouvelle; et finalement M. Murchison, après de nombreuses explorations, poursuivies en Angleterre, en Allemagne et en Russie, vint proposer l'établissement d'un *système paléozoïque,* comprenant les subdivisions suivantes.

1° Formation permienne.		Magnesian-limestone.	Calcaire magnésien. Zechstein.
		New-red-Sandstone.	Grès rouge.
2° Formation houillère.		Coal-measure.	Houille, schiste et grès.
		Millstone-grit and shale.	Grès et houille.
3° Formation carbonifère.		Mountain-limestone.	Calcaire et houille.
		Lower-carboniferous-shales	Schistes et calcaires schisteux.
4° Formation devonienne.	Étage supérieur.		Grès et conglomérats sans calcaires.
	Étage moyen.	Devonshire-strata	Calcaire.
	Étage inférieur.	Old-red-Sandstone. Tile-stone.	Grès.
5° Formation silurienne.	Étage supérieur.	Ludlow-rock.	Grès.
		Wenlock and Dudley-limestone.	Calcaire.
	Étage inférieur	Caradoc-sandstone.	Grès.
		Llandeilo-flags.	Schistes.
6° Formation cambrienne.			

62. Ce résumé succinct des travaux anglais étant de nature à faire croire que le terrain houiller a des rapports intimes avec chacune des parties de l'ensemble paléozoïque, il importe de préciser plus nettement ses affinités en éliminant du cadre les parties inutiles. Pour atteindre ce but il suffira de suivre le progrès des idées en France, et je ferai immédiatement remarquer qu'à mesure qu'une formation anglaise se dégageait de l'inconnu, nos géologues se sont le plus souvent empressés de l'adopter en modifiant simplement quelques expressions.

Ainsi en 1830 M. Rozet plaçait le terrain houiller dans le terrain de transition, qu'il faisait remonter jusqu'à la limite des traces de l'organisation. De cette manière il obtenait un système métazoïque, contenant entre autres les productus, les orthocères, les spirifères, et faisant immédiatement suite aux formations prozoïques ou primordiales non fossili-

fères. Son arrangement était ordonné de la manière suivante:

		Synonimie anglaise.
Système métazoïque.	Formation houillère.	Coal-measure et Millstone-grit.
	Formation du calcaire anthraxifère.	Moutain-limestone.
	Formation du vieux grès rouge.	Old-red et Devonshire-strata.
	Formation du calcaire de transition.	Etages siluriens divers.
	Formation des schistes et grauwackes.	

Il réunissait d'ailleurs intimement le terrain houiller avec la formation du calcaire anthraxifère, avec lequel il se lie par la concordance de stratification et même par les intercalations déjà mentionnées (61); mais il plaçait le zechstein à la tête des terrains secondaires.

En 1839 M. Huot conserve cet arrangement sous d'autres noms:

Terrain carbonifère et schisteux.	Formation houillère.	Coal-measure. Millstone-grit.
	Formation carbonifère.	Mountain-limestone.
	Format. paléo-psamméritrique.	Old-red, tile-stone et calcaires devoniens
	Terrain schisteux.	Etages siluriens divers.

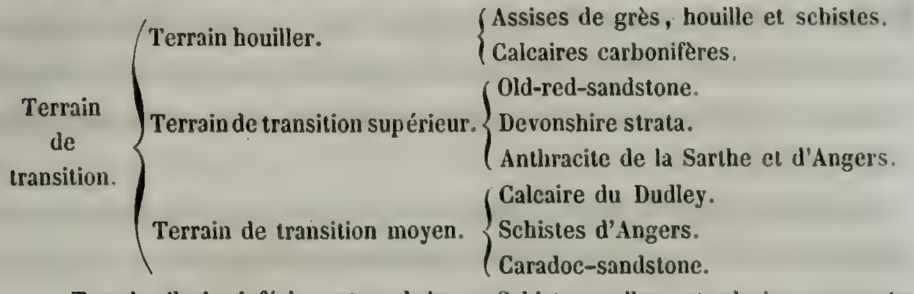
Ces groupements, jusque-là fort peu différents, se trouvent encore acceptés en partie en 1840 par M. de Verneuil, qui, à la suite d'un important travail, vint proposer d'établir la limite supérieure du système silurien à la base de l'old-red-sandstone.

Par suite de cette délimitation il obtient les groupes suivants:

Terrains paléozoïques.	Système carbonifère.	Terrain houiller. Coal-measure et Millstone-grit.
		Calcaire carbonifère. Mountain-limestone.
		Argiles schisteuses. Lower carboniferous-shales.
	Système silurien.	Silurien supérieur devonien. Old-red et Devonshire-strata
		Silurien moyen. Ludlow and Wenlock-limestone.
		Silurien inférieur. Caradoc-sandstone and Llandeilo-flags.

Il croit que de cette manière les deux systèmes seraient zoologiquement et géographiquement si bien circonscrits qu'il y aurait peu de fossiles communs, quoiqu'il reconnaisse un mélange de quelques espèces au contact des systèmes silurien et carbonifère.

En 1841, MM. Dufrénoy et Élie de Beaumont *(Explication de la Carte géologique)* conservent le même système, c'est-à-dire un terrain de transition, auquel est réuni le terrain houiller de la manière suivante :



Terrain de transition.	Terrain houiller.	Assises de grès, houille et schistes. Calcaires carbonifères.
	Terrain de transition supérieur.	Old-red-sandstone. Devonshire strata. Anthracite de la Sarthe et d'Angers.
	Terrain de transition moyen.	Calcaire du Dudley. Schistes d'Angers. Caradoc-sandstone.
	Terrain silurien inférieur et cambrien.	Schistes argileux et calcaires compactes.

Cependant ce cadre devait encore éprouver des modifications, car en 1843 M. d'Omalius d'Halloy vint y ajouter le terrain pénéen ou permien, de manière qu'il obtint un ensemble composé ainsi qu'il suit :

Terrains primaires.	Terrain pénéen.	Supérieur	Zechstein.
		Moyen	Kupferschiefer.
		Inférieur	Todte-liegende.
	Terrain houiller.	Supérieur	Houille de Liége.
		Moyen	Ampélite de Chokier.
		Inférieur	Calcaire de Visé.
	Terrains devoniens.	Supérieur	Psammite du Condros.
		Moyen	Calcaire de Givet.
		Inférieur	Poudingues de Burnot.
	Terrains siluriens divers.		

63. Enfin actuellement mon collègue, M. Jourdan, est porté à constituer un système carbonifère réunissant les terrains suivants :

Système carbonifère.	Terrain permien. Terrain houiller. Terrain carbonifère. Terrain devonien.

Mon collègue range le devonien dans le groupe carbonacé à cause de la ressemblance des végétaux et des fossiles ; on y trouve des productus qui sont les *Prod. scabriusculus, semireticulatus, mesolobus, papillatus, subaculeatus, caperatus,*

interruptus, reticulatus. Ces fossiles autorisent la réunion proposée, d'autant mieux qu'il n'y a point encore de productus dans les étages siluriens. Il est vrai que l'on a admis dans la partie supérieure de ce dernier terrain un *Prod. lepisma*; mais M. Jourdan classe ce fossile parmi les orthis. En somme, la physionomie, aussi bien que la nature générale des mollusques, distinguent nettement le silurien d'avec l'ensemble carbonacé.

Quant au permien, M. Jourdan se base sur la présence simultanée des fougères et des walchia dans celui-ci et dans le houiller. On remarque de plus que les walchia, qui commencent à se montrer dans les assises supérieures du terrain houiller, deviennent prédominantes dans le permien par rapport aux fougères.

De cette manière les membres inutiles se trouvant élagués, l'ensemble carbonifère se montre réduit à de justes limites sous le point de vue paléontologique. Cependant, arrivés à ce terme, il importe encore de faire ressortir les études par suite desquelles la question a été ramenée à une expression de cette nature, et en cela je débuterai par la formation la plus récente des trois.

DÉTAILS RELATIFS AUX TERRAINS SUPÉRIEURS.

64. M. Sedgwick prouva le premier l'identité géologique du *lower-new-red-Sandstone* anglais et du *rothe-todte-liegende* des Allemands, lequel est recouvert en stratification concordante par le *magnesian-limestone* ou *zechstein.* D'un autre côté M. Murchison, après avoir étudié avec M. de Verneuil les formations équivalentes de l'ancien royaume de Perm en Russie, poursuivit dans la Thuringe, la Saxe et la Silésie, l'ensemble des terrains compris entre la formation houillère et le trias. Par suite de ces explorations il fut amené à considérer l'ensemble permien comme un grand système arénacé et mar-

neux, dans lequel le *zechstein* des Allemands n'est qu'un accident. Il adjoignit en outre à son système permien les grès et argiles schisteuses inférieures, à empreintes de *calamites gigas* et de *sphenopteris erosa*, dont on faisait un terrain houiller. En même temps il y rattacha les couches arénacées qui surmontent le zechstein et dans lesquelles plusieurs géologues voulaient voir du terrain houiller. Au surplus la présence des *productus* et de divers autres fossiles dans le permien de la Russie ainsi que de l'Allemagne lui permit de réunir ce terrain à l'ensemble paléozoïque.

Cette coordination reçut une éclatante confirmation par suite des études de M. Naumann sur le permien d'Oschatz, dans lequel on trouve de la houille, des grès blancs et des argiles schisteuses, renfermant un schiste bitumineux, disposé en couches de 1 à 3 mètres de puissance. Elles contiennent des poissons semblables aux *Palæoniscus* ou *Amblypterus* et aux *Xenacanthes* de M. Beyrich, avec beaucoup d'empreintes de *cypris*, semblables à celles de la *Posidonia minuta;* enfin le tout est remarquable par l'abondance des vestiges de *Walchia* ou *Lycopodites*. On remarquera d'ailleurs que cet étage bitumineux, avec ses grès blancs, correspond à l'étage inférieur du *rothliegende*, auquel succèdent le grès rouge, le zechstein, et des grès avec argiles rouges et bigarrées, appartenant à l'ensemble du terrain.

65. En cela la découverte de la houille permienne fut considérée comme un fait capital; mais les géologues français étaient d'autant moins demeurés en arrière, que la composition géologique de leur pays se prête admirablement à de nouvelles déductions. En effet, plusieurs de nos dépôts sont recouverts par un schiste bitumineux, dont l'aspect diffère essentiellement de celui des argiles schisteuses, qui, se trouvant placées plus bas, au milieu des assises du grès et de la houille, peuvent être considérées comme étant des

parties intégrantes, plus essentielles des gîtes houillers.

Ces schistes supérieurs, dont les caractères ont déjà été détaillés (52), se distinguent par leur richesse en bitume ainsi que par la présence des parties calcaires, qui sont en quelque sorte exclues du terrain houiller proprement dit. Cette différence, jointe à la grande ressemblance des schistes d'Autun avec ceux qui constituent le zechstein du Mansfeld, avait d'abord porté plusieurs géologues à les considérer comme constituant une formation contemporaine à cette dernière assise. Cependant les poissons d'Autun ayant présenté à M. Agassiz des caractères différents de ceux du Mansfeld, les empreintes végétales paraissant généralement identiques à celles du terrain houiller, enfin ces mêmes couches schisteuses se trouvant alterner avec les grès houillers, on dut considérer celles-ci comme appartenant à la formation houillère, dont elles devaient être le dernier dépôt. Telle était du moins l'opinion de M. Brochant, qui déclarait déjà que les schistes d'Igornay et de Muse sont des annexes du terrain houiller. D'un autre côté, M. Elie de Beaumont, rapprochant les schistes bitumineux d'Autun de ceux de Manchester, des Vosges, de Decise, de Commentry, de Montluçon, de Littry et de Saint-Gervais, où se retrouvaient les mêmes connexions, tira la conclusion que, loin d'appartenir au zechstein, ces schistes ne doivent pas même être considérés comme formant une section dans le terrain houiller.

M. l'abbé Landriot essaya de concilier les deux opinions adverses, en annonçant à son tour qu'il considérait les schistes autunois comme formant le passage du houiller au zechstein, tandis que M. Delahaye, portant ses vues plus loin, déclarait que les schistes de Muse devaient constituer une nouvelle subdivision dans l'ensemble permien. En cela il s'appuie sur les observations de M. Naumann, qui a trouvé

à Oschatz, à la fois, les schistes inférieurs et le zechstein.

66. A ces considérations je puis ajouter le résultat de mes propres observations, faites à Roderen (Alsace), à Lucy, à Saint-Berain (Saône-et-Loire), à Autun, à Bert près de La Palisse, à Doyet, à Neffiez en Languedoc, et aux environs de Milhau, localités où se montrent également des roches analogues.

Sur certains points ces schistes bitumineux à poissons ou à coprolites sont liés de la manière la plus intime avec le terrain houiller. On le savait déjà pour Autun; il en est de même dans quelques-unes des autres stations qui viennent d'être énumérées. Le contraire a lieu en Languedoc et dans le Rouergue. En 1842 j'ai vu dans cette dernière province les schistes noirs sur la partie des rampes du Levezou, qui domine le Minier, village placé près de l'Amalou, rivière dont la jonction avec le Tarn s'effectue à l'ouest de Milhau. Ces schistes reposent directement sur les micaschistes, sur les granits enciens et sûr les roches amphiboliques, en formant une série d'assises non moins remarquables par leur couleur que par leur épaisseur et leurs nombreux rognons ferrugineux. Au-dessus se trouvent des conglomérats triasiques, à cailloux siliceux, suivis de grès multicolores et de couches brunes dolomitiques très puissantes, et le tout forme un ensemble dont l'entassement s'élève jusque vers le haut des crêtes, où l'on commence à rencontrer les premiers lambeaux d'un calcaire affectant l'apparence du muschelkalk ou du choin-bâtard du Lyonnais. Quelques-uns des filons plombifères du pays pénètrent jusque dans ces schistes après avoir traversé l'ensemble des roches cristallines sous-jacentes.

Ici donc l'indépendance de la formation schisto-bitumineuse par rapport au terrain houiller est mise en dehors de toute contestation, et je pense qu'il en est de même à Lodève (Hérault), ainsi qu'à Réalmont (Tarn), à la

Guépie, à Monestiés, où l'on rencontre des schistes avec empreintes et rognons de fer carbonaté argileux, dont le gisement est analogue à celui des environs de Milhau. A Neffiez, au contraire, les schistes bitumineux sont appliqués contre le terrain houiller, dont ils sont cependant séparés par un conglomérat particulier. Celui-ci se compose de cailloux provenant des débris du calcaire silurien des environs ; un caillou siliceux y est une vraie rareté. Le ciment dolomitique de cette roche est assez solide pour que la tranche des couches puisse constituer une petite falaise qui se distingue de fort loin au-dessus du terrain houiller. Quant à l'ensemble schisto-bitumineux, il se compose de recurrences presque périodiques de dolomies et de schistes, que leur facile clivage rend quelquefois comparables aux ardoises, mais qui n'en ont ni le lustre, ni la solidité. C'est dans ces roches que M. Graff a trouvé de belles empreintes végétales, quelques débris de poissons, et surtout cette grande quantité de coprolites cuprifères dont il a été déjà question (53).

L'interposition du conglomérat calcaire, si exceptionnel dans le pays, nous a déterminé, M. Graff et moi, à faire de cet ensemble compris entre la formation houillère et le trias un membre spécial dans l'ensemble des roches de la contrée. En cela notre décision était appuyée par quelques discordances de stratification et surtout par la superposition transgressive par rapport au terrain houiller. Celle-ci est surtout manifeste autour de Gabian, où l'ensemble charbonneux est complètement débordé, de manière à ne reparaître que plus loin à l'ouest à Sauveplane. Prenant d'ailleurs en considération l'indépendance caractérisée qui se manifeste auprès de Milhau et de Lodève, il nous a paru très naturel de classer dans le permien notre système schisto-bitumineux de Neffiez.

67. En mettant actuellement en ligne de compte les relations d'Autun et des autres localités, il sera facile de concilier les diverses opinions de MM. Elie de Beaumont, Delahaye, l'abbé Landriot et autres géologues. Tout se réduit à admettre qu'il existe réellement en France un étage permien avec son zechstein. Il est souvent lié au terrain houiller par des alternances de grès, mais il s'en trouve aussi séparé dans certains cas par quelques dislocations. Enfin rien n'empêche de concevoir plusieurs étages de schistes bitumineux, dont les uns auraient succédé immédiatement au terrain houiller, tandis qu'ailleurs il s'est écoulé un certain intervalle de temps entre l'une et l'autre sédimentation.

Les empreintes végétales comprises entre les schistes bitumineux en question pouvant d'ailleurs ajouter une certaine force à nos conclusions, je vais relater ici les diverses indications fournies par MM. Brongniard, Mougeot et l'abbé Landriot.

SCHISTES DE NEFFIEZ.	SCHISTES DE LODÈVE.	SCHISTES D'AUTUN.	SCHISTES DU MANSFELD.
Nevropteris Dufresnoyi	Nevropteris Dufresnoyi.	Pecopteris arborescens.	Caulerpites selaginoides.
Sphenopteris, deux espèces, dont une est nouvelle.	Sphenopteris Artemisiœfolia	Pecopteris abbreviata.	Caulerpites pectinatus.
Callipteris Wangenheimii.	Sphenopteris tridactylites.	Pecopteris hemiteloïdes.	Caulerpites sphœricus.
Teniopteris vittata.	Sphenopteris platyrachis.	Cyclopteris.	Zonerites digitatus.
Teniopteris antiquior.	Nevropteris Dufresnoyi.	Nevropteris.	Chondrites virgatus.
Walchia Schlotheimii.	Alethopteris Christolii.	Odontopteris.	Tœniopteris Eckardti.
Walchia piniformis.	Callipteris heteromorpha.	Tœniopteris.	Sphenopteris dichotome.
Cones ou épis de Walchia.	Callipteris Carrionii.	Sphœnophyllum quadrifidum	Sphenopteris Althausii.
Astérophyllites.	Pecopteris hemiteloïdes.	Nœggerathia spatula.	Sphenopteris Gœpperti.
Annularia.	Pecopteris oreopteridius.	Nœggerathia flabellata.	Sphenopteris bipinnata.
	Pecopteris plumosa.	Asterophyllites radiata.	Pecopteris crenulata.
	Pecopteris abbreviata.	Medullosa Sternbergia.	Pecopteris Martinsii.
	Pecopteris dentata.	Sigillaria elegans.	Pecopteris Schwedesiana.
	Pecopteris Lodovensis.	Equisetum Meriani.	Cryptomerites Ulmanni.
	Walchia Schlotheimii.	Equisetum dubium.	Walchia *indet.*
	Walchia piniformis.	Walchia.	
	Walchia Sternbergii.	Cardiocarpum majus.	
	Walchia hypnoïdes.	Lycopodiacées.	
	Walchia cutassœformis.	Psarolithes.	
	Annularia floribunda.	Conifères.	

Il suffit d'un coup-d'œil jeté sur ces listes pour reconnaître de très grandes différences entre les localités, et on lira sans doute avec intérêt les judicieuses observations de

M. Ad. Brongniard, dont je rapporte ici les parties essentielles: « Doit-on attribuer ces différences à l'influence de la grande diversité de position géographique, ou y a-t-il, en outre, entre ces terrains une différence d'époque de formation? La flore de Lodève présente un certain rapport avec celle des terrains houillers, dont elle semblerait être une sorte d'extrait, et dont elle rappelle surtout les couches les plus récentes. Quant aux plantes des schistes bitumineux du Mansfeld, elles sont si peu nombreuses et paraissent avoir été déposées dans des conditions si différentes, qu'on peut difficilement les comparer aux autres. Cependant les espèces de *Sphenopteris* se ressemblent extrêmement, et une comparaison exacte établirait peut-être l'identité de plusieurs d'entre elles. Le *Pecopteris crenulata* d'Ilmenau n'est peut-être qu'un état imparfait du *Pecopteris abbreviata* de Lodève; enfin les *Callipteris* de Lodève ont avec les *Callipteris* du terrain houiller des rapports très intimes. »

M. Ad. Brongniard fait d'ailleurs remarquer que sur vingt espèces de Lodève, douze sont identiques aux espèces houillères; les huit autres n'ont été observées qu'à Lodève, mais elles sont très voisines des espèces houillères, et deux seulement se rapprochent des espèces triasiques. Les Walchia sont plus spécialement propres au système houiller et surtout à sa partie supérieure, et l'on retrouve ces plantes à Autun; elles existent probablement dans les schistes cuivreux du Mansfeld. Enfin une foule d'espèces houillères ont été probablement détruites avant l'établissement du zechstein.

Nonobstant ces importantes réflexions de M. Ad. Brongniard, M. Dufrénoy croit que le terrain de Lodève n'appartient pas au terrain houiller, mais au trias, parce qu'il manque à Lodève des empreintes des genres *Calamites*, *Lepidodendron, Stigmaria, Sigillaria, Asterophyllites* et *Sphenophyllum,* si caractéristiques du terrain houiller. En cela sans doute

l'illustre géologue se basait sur les relations de rencontre, qui, à Lodève et dans le Tarn, sont telles que l'ensemble permien paraît lié plus directement au trias superposé, vu l'absence apparente du terrain houiller; mais il est à croire aussi que s'il eût pu voir à Neffiez les mêmes schistes bitumineux presqu'en contact avec la houille, ses idées eussent été fort différentes, et pour tout concilier il lui aurait suffi d'admettre avec M. Brongniard la disparition de quelques types houillers.

68. En résumé la France présente une variété et un nombre de gisements suffisants pour permettre de rapprocher les opinions les plus opposées et pour donner aux partisans de l'existence du système permien toute l'autorité qu'ils peuvent désirer. Mais ici ne s'arrête pas ma tâche, car jusqu'à présent j'ai raisonné dans le sens paléontologique. Cette science arrête le système permien avec l'existence des productus; avec eux ont également été anéanties les plantes de la famille des Walchia, qui ont été remplacées dans le système triasique par les Voltzia, et ces destructions sont sans doute des faits dont il importe de tenir compte dans l'établissement des lois qui ont régi la formation des êtres organisés. Cependant la géologie proprement dite a aussi son autorité, qui, méconnue en ce moment, n'en reprendra pas moins son empire. Je le déclare donc, la coupure qui limite vers le haut le système paléozoïque à la partie supérieure du permien est un arrangement qui peut être commode, parce qu'il ne faut pas trop embrasser à la fois. Mais par le fait il ne s'accorde guère avec les caractères d'association qui nous montrent le système permien uni au système triasique par des affinités telles, que ceux-ci correspondent nécessairement à un état chimique spécial des eaux qui couvraient alors la surface du globe.

L'un comme l'autre sont caractérisés par les dépôts les

plus complexes et les plus disparates, consistant en argiles marneuses, en dolomies, en calcaires bizarrement concrétionnés, en sulfates, en chlorures, en bancs sableux multicolores ou intensement rubéfiés. C'est là ce qui m'a depuis longtemps fait dire : « Appliquera qui voudra les mots *d'in-« dépendance des formations* à un ensemble composé comme « le zechstein et le trias et dont les parties se succèdent « d'ailleurs dans l'ordre chronologique des formations. « Quant à moi, il me paraît que celui *d'association* est seul « applicable à une réunion de roches tellement liées entre « elles sous le double point de vue des caractères chimi-« ques et physiques, qu'une révolution du globe n'a pu les « différencier autrement que par la discordance de stratifi-« cation. » Ce que je disais alors, je le maintiens encore aujourd'hui. Si donc j'accepte pour le moment la coupure paléontologique, c'est uniquement à titre d'artifice destiné à concentrer les masses, et nullement comme étant la véritable limite de la grande époque pleine de troubles indiqués par d'immenses amoncellements de sables, enfantant coup sur coup les composés chimiques les plus variés, et qui débutant à la fin du calme sous l'influence duquel s'est développé le calcaire carbonifère, ne s'est arrêté qu'avec la naissance d'un autre long calme, pendant lequel se sont consolidées les épaisses nappes jurassiques.

DÉTAILS RELATIFS AUX TERRAINS INFÉRIEURS.

69. Nos considérations préliminaires (60) ont suffisamment fait comprendre que l'ensemble des parties inférieures du système carbonifère n'a pas moins exercé la sagacité des géologues que l'étage permien, et l'on en comprendra facilement la raison du moment où l'on aura égard aux mutations des caractères pétrographiques des roches. Rien ne les assujettit à affecter rigoureusement en France la même physionomie

qu'en Angleterre. La complication des causes qui agissent simultanément en des points divers est même quelquefois portée au point d'influer sur les subdivisions des étages. Ajoutons que les fossiles sont souvent assez rares, ou bien l'on ne se donne pas toujours la peine de les chercher; enfin quand ce moyen commode de classification fait défaut, par une raison ou par une autre, les géologues ne sont pas tous assez exercés à découvrir dans les indices stratigraphiques le moyen de se tirer d'embarras, et de là sont résultées plusieurs fausses applications qui ont retardé pour quelque temps les progrès de la géologie dans notre pays.

70. Cependant, dès l'année 1829, M. Rozet constatait dans le Boulonnois l'existence du calcaire carbonifère (Mountain-limestone), qu'il avait également étudié en Belgique. C'était un pas capital qui amena successivement le même géologue et d'autres à étudier cet étage à Ferques (Pas-de-Calais), entre Landrecies et Avesnes (Nord), à Feuguerolles près de Caen, à Sablé et à Solesme dans la Sarthe, d'où il s'étend jusqu'à Laval. Sa présence fut aussi reconnue à Vouvant ainsi qu'à Chantonnay dans la Vendée, et à Doué (Anjou).

Ce mouvement trouva son antagonisme dans les propositions de M. Dufrénoy, qui, en 1839 *(Bull. géol.)*, déclarait « ne pas admettre le véritable calcaire carbonifère à Sablé. « Le calcaire à *amplexus* s'y trouve alternant avec des cou- « ches de grès, de schistes et d'anthracite. Il y a donc une « liaison intime entre les différentes roches qui appartien- « nent toutes au système silurien. Et si la présence des *pro-* « *ductus* ne lui paraît pas une raison suffisante pour isoler le « calcaire de Sablé du reste des terrains, les autres fossiles « que renferme ce terrain, tels que les *trilobites* et les *ortho-* « *cères*, établissent également sa fusion avec le terrain silu- « rien. »

En cela il fut combattu par la puissante autorité de M. de

Verneuil, qui, en dernière analyse, reconnut à Sablé l'existence des systèmes siluriens inférieur et supérieur, du devonien et du carbonifère avec anthracite. Il constatait également que le devonien de la Sarthe se prolonge en Bretagne ainsi qu'en Normandie, et que le carbonifère de la Sarthe (Sablé) est discordant avec le houiller.

Cependant je dois faire remarquer que M. Murchison ayant introduit en 1840 la dénomination de *devonien* dans la science, et ayant déclaré devoniennes les roches boulonnaises, M. Dufrénoy fit une concession aux découvertes nouvelles en admettant que le groupe anthraxifère qui s'étend de Doué à Nort, ainsi que ceux des départements de la Mayenne et de la Sarthe, appartiennent au devonien. Au surplus je ne m'arrêterai pas davantage sur ces discussions, ayant déjà suffisamment donné à entendre que mes observations porteraient principalement sur les parties orientales de la France. Ici je prendrai l'Alsace pour point de départ.

71. En 1828 un excellent ingénieur des mines, sous l'amicale direction duquel j'ai eu le bonheur de faire mes premiers essais métallurgiques, M. Voltz, publia dans une notice sur la topographie de l'Alsace quelques aperçus sur les terrains de transition, qu'il séparait nettement des schistes argileux primitifs.

Les roches de son terrain de transition consistent en grauwackes massives ou schisteuses, en grès semblables au grès houiller et en anthracite. Il avait également reconnu l'existence d'un calcaire compacte dans le vallon d'Aleborn, annexe de la grande vallée de Saint-Amarin, ainsi qu'à Russ dans la vallée de la Bruche.

Il fit remarquer surtout l'analogie qui existe entre les empreintes végétales des gîtes d'Uffholz, de Steinbach, de Bitschwiller, de Thann, d'Oberburbach, de Massevaux, d'Etuffont-le-Haut et celles des terrains houillers; les genres qu'il men-

tionne plus particulièrement sont les *calamites*, *stigmaria* et *sagenaria*.

M. Voltz découvrit de plus quelques madrépores indéterminables dans les roches arénacées de Lutzelhausen ainsi que de Vich. Enfin il signala la présence des entroques dans une roche fragmentaire à pâte euritique de Moosch près de Guebwiller. Cette dernière indication est entre autres précieuse sous le point de vue du métamorphisme, et son importance ressortira de nos détails ultérieurs.

72. M. Elie de Beaumont, dont les travaux sur les Vosges feront toujours époque dans la science, signala plus particulièrement la vallée de Thann comme exemple de la formation de transition supérieure. Elle y est représentée par des schistes et par des grauwackes, qui, de même que ceux de Saint-Georges-de-Chatelaison, deviennent souvent feldspathiques à l'approche des roches pétrosiliceuses intercalées. Ces schistes antraxifères, avec impressions végétales, mais privés de coquilles fossiles, se dirigeant de manière que leur prolongement se trouvait de l'autre côté du Rhin, dans la Forêt-Noire, il fut conduit à admettre que le terrain de transition supérieur avait été déposé dans un lac allongé, suivant la direction de Thann à Zundsweiler. (Burat, 1834, *Géol.* t. 2, p. 261.) Cet énoncé, comme on le voit, n'était autre chose qu'une simple application des idées admises au sujet de l'origine lacustre du système houiller; mais il prouve que, malgré la discordance qui se manifeste entre ce terrain, exploité non loin de là à Ronchamp, et celui de transition supérieur, il existe entre les deux un trait d'union qui les rend en quelque sorte inséparables. C'est là le point essentiel. Quant à l'hypothèse lacustre, elle restait soumise à tout l'imprévu des découvertes qui ne devaient pas tarder à surgir.

Au surplus l'hypothèse de l'origine lacustre du terrain de transition supérieur de la partie méridionale des Vosges ne

paraît avoir été émise par M. Elie de Beaumont que dans l'improvisation d'une leçon, car on n'en retrouve aucune trace dans les écrits postérieurs du savant géologue. Je vois au contraire (*Explication de la Carte géologique*, tom. I, pag. 323, etc.) qu'en 1841 il avait déjà établi des rapprochements entre les calcaires à *strophomènes* de Chénebié, de Schirmeck et ceux de la partie méridionale du Morvan entre Autun et Decise, qui contiennent de même des calcaires à encrines avec quelques autres fossiles. Il insiste d'ailleurs à plusieurs reprises sur les passages fréquents des grès et des schistes à des roches pétrosiliceuses et feldspathiques, parmi lesquelles il mentionne des empreintes végétales à Thann, à Bitschwiller, à Uffholtz, association qui doit naturellement s'ajouter à celle de M. Voltz. Enfin il paraît conduit à rapporter le système de transition supérieur à l'étage devonien, qui alors n'était lui-même pas encore aussi exactement séparé du carbonifère qu'il l'a été depuis par suite de la persistance de MM. Murchison et de Verneuil.

73. Ces premiers pas ont été complétés par mon collègue Jourdan, qui, parcourant la même contrée en 1847, sut découvrir, dans les roches du même terrain de transition, 26 genres comprenant 52 espèces, parmi lesquels je mentionnerai ce qui suit :

Plancher-les-Mines.		*Uffholtz.*
Gorgonia.	Productus comoïdes.	Tige d'encrine.
Amplexus.	Productus undiferus	
Caryophyllia.	Leptena.	*Thann.*
Encrinites.	Orthis.	Plaques de calices d'encrinites.
Poteriocrinites?	Chonetes.	
Cardinia.	Spirifer.	
Arca.	Terabratule.	
Avicula.	Evomphale.	
Cardium.	Pleurotomaire.	
Productus Martini.	Moule de Murchisonia?	
Productus giganteus.	Capulus?	
Productus semireticulatus.	Orthoceratites.	
Productus pyxidii.	Trilobites du genre Philippsia, etc., etc.,	

Par suite de ces importantes découvertes l'origine marine du terrain de transition supérieur devenait incontestable aux yeux des paléontologistes, et de plus tout cet ensemble se rangeait décidément dans l'étage carbonifère.

M. Jourdan reconnut en outre que les fossiles en question gisent dans des espèces d'argilophyres, dans des grauwackes et dans des grès, qui passent au porphyre vert antique de certains auteurs modernes. Cette dernière particularité vient confirmer de la manière la plus catégorique l'annonce de la présence des entroques ainsi que des feuilles dans les roches à ciment euritique, déjà faite antérieurement par MM. Voltz et Elie de Beaumont.

Indépendamment des localités carbonifères susmentionnées, mon collègue recueillit des collections de fossiles qu'il considère comme appartenant plus particulièrement au terrain devonien et provenant entre autres de Chénebié, Sennones, Moyenmoutiers, Belval, Saint-Blaise, Russ et Schirmeck. Cette dernière localité avait fait l'objet des études de M. de Buch, qui s'était déclaré dans le sens qui a été adopté depuis par M. Jourdan, pour lequel le devonien n'est autre chose que le membre inférieur de la grande formation carbonacée, dont l'assise supérieure est la houille du zechstein (63). Il en résulte qu'il n'y a plus lieu de distinguer l'ensemble houiller des Vosges de celui des localités correspondantes de l'Angleterre, de la Belgique et de quelques autres parties de la France.

74. Reportons-nous actuellement à l'extrémité méridionale du grand cadre montagneux de la France centrale. Les parties environnantes de la Montagne-Noire en Languedoc furent visitées en 1830 par M. Dufrénoy. Il signala sur le versant de l'Aveyron des grauwackes, des schistes argileux, du quarz, du calcaire, quelques dolomies, des grès rouges offrant les caractères de l'old-red du Breconshyre, et des

schistes assez bitumineux pour être employés en qualité de combustible par les habitants du pays. Sur le versant méridional des mêmes montagnes, il vit à Caunes des calcaires analogues à ceux de Campan, contenant des entroques et des cariophylies au milieu de schistes argileux et argilo-talqueux. Tout cet ensemble de transition lui parut former une ceinture autour du massif de la Montagne-Noire depuis Lodève jusqu'à Belmont, station située vers son extrémité O S O.

En 1840 *(Expl. de la Carte géol. de la France)* le même ingénieur des mines regarde une partie du terrain de transition de ces montagnes comme appartenant à l'étage cambrien, parce que, selon lui, il présente de telles liaisons avec le granit, qu'il est difficile d'en séparer la description. L'autre partie lui paraît devoir être rapportée au système silurien. En même temps il fait mention de quelques fossiles qui avaient échappé à sa première inspection, et ceux-ci sont des orthocères et des nautiles (Goniatites).

Ces indications devaient se trouver modifiées par une étude plus circonstanciée. En 1840 et 1842, lorsque M. de Verneuil admettait qu'en France on n'a de calcaire carbonifère bien caractérisé que sur les frontières de la Belgique, à Sablé et à Régny, je visitai Neffiez pour ses exploitations houillères, et quoique les roches de transition fussent en dehors de la question, je ne pouvais cependant pas me dispenser de jeter un coup-d'œil sur ces parties voisines des mines. C'est alors que je trouvai entre certaines assises de ce système de transition et les calcaires carbonifères une telle ressemblance, que je n'hésitai pas à en établir le rapprochement; d'ailleurs quelques fossiles rapportés de cette station se sont trouvés appartenir au terrain devonien (*Bull. Géol.*, 1844.). Ce cortége du terrain houiller ainsi que ses autres associations m'autorisaient en outre à déclarer que celui-ci devait être d'origine marine aussi bien ceux de l'Angleterre

et de la Belgique, de façon que l'idée du refoulement de la mer carbonifère vers le nord de la France me paraissait devoir être abandonnée pour lui substituer la possibilité de son extension sur nos provinces méridionales. L'occasion d'appuyer mes principes tels qu'ils sont énoncés dans les détails préliminaires, était évidemment trop belle pour que je ne la saisisse pas aux cheveux. Il est vrai que mes dires passèrent inaperçus au milieu des préoccupations circonscrites; mais d'autres temps devaient venir, et ils sont venus.

Cependant ces premières études étaient encore incomplètes, de façon que je dus proposer à mon ami M. Graff, directeur des mines de Neffiez, de s'occuper avec moi de la suite des études sur le pays. Les stratifications transgressives, les bouleversements ainsi que les érosions dont celui-ci se montra affecté, apportèrent de grandes difficultés à nos recherches, en produisant des apparences qui conduisaient à des conclusions désespérantes pour la paléontologie. Celle-ci se trouvait arguée de faux ou réduite à recourir à des subterfuges, tels que la colonisation des fossiles pour expliquer les bizarreries de ce gisement. On comprendra même mieux les obstacles dont il était hérissé quand j'aurai rappelé qu'ils ont arrêté également les autres géologues que les importantes découvertes paléontologiques de M. Graff appelèrent successivement sur les lieux, et parmi ceux-ci nous pouvons citer MM. E. Dumas, Burat, de Verneuil, Itier, Marcel de Serres, de Rouville, Pratt et Jourdan, tant il est vrai que les *fossiles caractéristiques*, ces *guide-ânes*, comme les appelle M. Elie de Beaumont, ne prévaudront jamais sur la stratigraphie. Enfin une dernière et minutieuse reprise nous permit en 1853 de lever en commun toutes les causes d'hésitation, et de mettre en évidence parfaite la série suivante :

Terrain permien.
Terrain houiller.
Calcaire carbonifère.
Calcaire devonien.
Etage silurien supérieur.
Etage silurien inférieur.

A ce dernier étage, doivent probablement s'ajouter des ardoises qui sont plaquées contre les granits et gneuss de l'Espinouse, et que j'ai trouvées pendant une excursion particulière poussée en 1850 jusqu'à Caunes. Celle-ci m'apprit en outre que les marbres rouges de cette localité sont la suite de notre étage devonien de Neffiez, qui est caractérisé également par les Goniatites, etc., etc. Nous rendrons prochainement compte dans un Mémoire spécial, M. Graff et moi, de tous les détails de nos investigations; pour le moment il suffit d'avoir fait comprendre que la question carbonifère du midi de la France est parfaitement placée en dehors de toute contestation.

ÉTUDES SPÉCIALES SUR LES ENVIRONS DE LYON ET AUTRES PARTIES MÉDITERRANÉENNES.

75. Les environs de Lyon ont dû naturellement fournir un contingent important dans ces débats. Ici le point de départ se trouve sur le versant occidental des montagnes de Tarare. Dès le siècle passé, Alléon Dulac, auteur d'une *Histoire naturelle du Lyonnais, du Forez et du Beaujolais*, avait signalé diverses carrières de marbre, exploitées à la Forest près de Thizy, à Saint-Symphorien-de-Lay et à Régny. Il trouvait déjà une certaine analogie entre ce dernier et le marbre de Flandres.

Ces simples indications devaient fixer l'attention du moment où la science commencerait à prendre une allure décidée. En effet, en 1825, M. Valuy, géologue lyonnais, vint lire à la Société linnéenne de notre ville une notice qui jetait

un jour remarquable sur ces gisements, auxquels il ajouta ceux d'Azolette et de Propières. Il constata aussi que l'ensemble de transition dont ces calcaires font partie couvre toute l'extrémité N et NO du département du Rhône, et s'étend même jusqu'aux bords de la Loire. Entrant d'ailleurs dans le détail des assises, il signala parmi celles-ci des grauwackes, des couches d'anthracite, des schistes à empreintes végétales, et dans les calcaires il découvrit des polypiers, des orthocères (encrines) et quelques autres coquilles. Enfin il indiqua comme caractère de cette formation l'abondance du carbone, par lequel ces calcaires sont colorés en noir.

Quelle que soit la valeur actuelle des indications de M. Valuy, on ne peut du moins pas lui contester le mérite d'avoir, à l'aide de ses fossiles, mis à l'abri de toute suspicion l'existence d'une formation marine; et de plus la formation lyonnaise, telle qu'elle a été dépeinte par notre observateur, ne pouvait guère être considérée que comme étant un équivalent du *carbonifère* anglais. C'est même un détail que M. Leymerie fait ressortir parmi les notes qu'il plaça à la suite du Mémoire de M. Valuy.

76. En 1830, M. Dufrénoy, ignorant les découvertes de M. Valuy, et n'ayant trouvé au milieu des marbres en question d'autres fossiles que des crinoïdes, dut se contenter de les assimiler vaguement au calcaire de transition des Anglais. Cependant on lui doit quelques détails plus circonstanciés sur les roches. Enfin il put reconnaître l'extension de la formation de Régny jusque près de Noire-Table, sur la chaîne forézienne; mais la question, telle qu'il l'envisageait, devait bientôt se trouver entraînée dans l'orbite murchisonienne, dont l'influence prépondérante commençait à se manifester en 1833 et 1835. Dès ce moment, M. Leymerie, renonçant à ses premières idées, admit en 1837, avec doute, il est vrai,

que le système de transition de Régny représente la majeure partie de l'étage silurien. C'était reporter trop bas un terrain si évidemment voisin de la formation houillère, et cet énoncé doit être rangé parmi les causes premières des hésitations qui surgirent successivement.

En effet, en 1840, M. Gruner publia un nouveau travail sur les dépôts lyonnais, à l'égard desquels il admit trois divisions, savoir : le cambrien, comprenant nos schistes non fossilifères, et le silurien, qu'il partagea en deux étages, dont le supérieur, prenant le nom d'étage anthraxifère, devait correspondre au devonien anglais. Telle est du moins l'interprétation de M. Dufrénoy, et dans cette manière de voir le calcaire carbonifère déjà entrevu se trouvait déplacé.

77. Cependant en 1841 (*Carte géol. de la France*) M. Dufrénoy, revenant sur ses premiers aperçus, d'après des données qu'il déclare avoir été extraites, en partie du moins, du *Journal de Voyage* de M. Gruner (1837 et 1838), décrit les calcaires saccharoïdes de la chaîne du Forez comme se trouvant disposés en forme de filons, quoiqu'il paraisse en même temps enclin à admettre que ce sont des lambeaux de couches empâtées dans les porphyres. En cela les calcaires situés sur le versant du Rhône lui ont échappé, et de plus il ne parvint pas à distinguer clairement les schistes non fossilifères de la Brevenne de ceux des environs de Régny, quoiqu'il regarde l'existence de deux formations comme probable. Se trouvant ainsi dans l'impossibilité de constater la présence des divisions anglaises, il se contenta d'admettre l'arrangement proposé par M. Gruner. Cependant (*pag.* 129, 137 et 148) il pense que la base de nos terrains se compose de schistes argilo-siliceux, et que les parties plus modernes contiennent les grès tendres, les schistes argileux et les calcaires bitumineux, dont les fossiles se composent principalement d'évomphales, de productus, de spirifères et d'encrines. Leur pré-

sence, ainsi que l'association du calcaire avec les anthracites, s'accordent pour le faire regarder comme étant la partie supérieure du terrain de transition qui correspond au devonien de M. Murchison.

On remarquera ici cette tendance divergente qui existe entre MM. Dufrénoy et Elie de Beaumont. Ce dernier, ainsi qu'on l'a vu (72), se laissant guider par le caractère d'association, poussait l'intimité des étages anthraxifères avec le houiller au point de leur attribuer une origine lacustre commune. M. Dufrénoy, au contraire, toujours porté à vieillir nos terrains de transition, trouvait à peine des époques assez reculées pour les y caser. Il faisait même, pendant quelque temps, remonter aux formations cambriennes les marbres fossilifères du Languedoc et de Campan, qui sont connus sous le nom de *Griotte;* il combattait en outre tous les rapprochements entre le terrain de transition et le terrain houiller, regardant avec M. Leymerie les anthracites de Régny comme faisant partie du silurien, bien que les calcaires noirs sous-jacents en stratification concordante puissent les faire rapporter au terrain carbonifère, et en cela il se basait sur les discordances de stratification que l'on observe dans la chaîne de Tarare ainsi que dans le Languedoc. Cette divergence, tout en démontrant l'indépendance respective des deux auteurs de la grande œuvre de notre *Carte géologique*, n'en fait que mieux ressortir l'unité des vues quant à la circonscription des terrains houillers proprement dits.

78. Cependant l'idée de l'existence du carbonifère dans nos contrées progressait chaque jour. MM. l'abbé Landriot et Rozet faisaient quelquefois sentir la nécessité de ranger dans ce système les roches de Diou, de Bourbon-Lancy et de Chizeuil. Mais c'était à mon collègue Jourdan qu'il était réservé de lever toutes les hésitations des paléontologistes, qui n'admettent d'autres bases que celles qui sont fournies par les

fossiles. Il s'occupait de l'étude de nos environs depuis 1837. D'après une note qu'il voulut bien laisser insérer dans *la Minéralogie et Pétralogie des environs de Lyon*, par M. Drian, 1849, il témoigna sa surprise des résultats auxquels étaient arrivés MM. Dufrénoy, Gruner et Leymerie. En effet ses recherches successives l'avaient mis à même de rassembler plus de 2,000 échantillons, représentant 100 espèces, presque toutes caractéristiques du terrain carbonifère des Anglais. Diverses explorations subséquentes lui permirent de s'assurer de plus que le système de Régny s'étend sur la chaîne du Forez, à Vichy et même aux environs de Diou, sur les bords de la Loire.

Ces découvertes géologico-paléontologiques ne tardèrent pas à être connues, et déjà en 1848 M. de Verneuil était venu à Lyon pour visiter les collections rassemblées par M. Jourdan. Celui-ci lui fit en outre voir sur place les diverses relations des gisements de Cherbué, Régny, Pradines, Cordelles, Montagny et Thizy. Tout géologue s'empressera sans doute de rechercher dans la *Notice sur les Systèmes de Montagnes*, p. 263, les expressions par lesquelles M. de Verneuil s'est plu à rendre une éclatante justice à mon collègue; et le caractère honorable du savant de la capitale autorise à croire que c'est simplement par suite de la coupure de la lettre que le nom de M. Jourdan est omis. En tous cas on remarquera avec satisfaction qu'elle eut pour effet de déterminer M. Elie de Beaumont à accepter pour le terrain carbonifère une extension qui venait si parfaitement à l'appui de la thèse dont je projetais le développement.

79. On le voit en effet, l'étage carbonifère, existant au nord comme au midi, à l'est aussi bien qu'au centre et à l'ouest de la France, il n'y avait plus lieu à refuser d'accorder à son terrain houiller l'origine marine admise pour les couches anglaises et belges. Si dans certains cas la jonction n'est

pas toujours aussi complète chez nous que dans les pays susmentionnés, si, par exemple, le dépôt de Saint-Étienne et de Rive-de-Gier est jeté de côté par rapport à Régny et à Roanne, cela tient à un simple mouvement du sol, qui, survenant entre les deux périodes, a déplacé quelque peu la masse des eaux de la mer, en créant de nouveaux rivages. Le fait est devenu patent par suite de nos dernières études, faites en commun avec M. Graff pour la station de Neffiez, où le déplacement relatif est peu considérable. Et quelques kilomètres de plus ou de moins n'étant pas en cela un motif suffisant pour établir une distinction, on n'a plus aucune raison péremptoire à alléguer contre mes indications.

80. Jusqu'à présent, pour aboutir à mes fins, je me suis attaché à mettre en évidence les travaux des paléontologistes; leur science étant à la mode, je me trouvais d'autant plus assuré d'être compris de la majorité. Cependant je n'étais pas demeuré immobile au milieu de tout ce mouvement: mais intimement convaincu des ressources de la stratigraphie, enclin à ne faire intervenir les fossiles qu'en qualité de caractères à ranger parmi les autres moyens pétrographiques, j'ai dû laisser passer le torrent et suivre patiemment la marche qui m'a déjà réussi dans d'autres occasions, par exemple, pour l'oxfordien de la Voulte. On me permettra donc d'entrer actuellement dans le détail de mes propres travaux, d'autant qu'en cela je crois rendre quelque service aux mineurs, qui ont bien rarement à leur disposition les ouvrages dispendieux et les riches collections indispensables pour dénommer les fossiles caractéristiques de tel ou tel terrain. Je suivrai d'ailleurs l'ordre historique que j'ai adopté précédemment pour les travaux d'autrui, parce qu'il fera ressortir l'indépendance de mes allures.

81. En 1834 et 1835, époque de l'installation de la Faculté de Lyon, je fus chargé de la restauration des mines de

Chessy et de Sain-Bel, qui étaient tombées dans le délâbrement le plus complet par suite de fausses appréciations au sujet de la constitution des gîtes métallifères. La compagnie me donna en outre la mission d'examiner les autres filons de la contrée, lesquels à diverses époques antérieures avaient été l'objet de quelques tentatives de recherches de sa part. Il m'importait par conséquent de connaître la nature des terrains du pays, afin d'assurer le succès de mes opérations, et de plus il me fallait préparer des matériaux pour mes cours de géologie.

Stimulé ainsi de toutes manières, je ne tardai pas à découvrir dans le terrain de transition de Valsonne près de Tarare un gîte anthraxifère, contenant de fort belles empreintes végétales, dont l'identité avec celles des terrains houillers était tellement manifeste que M. Ad. Brongniard, auquel je pus les montrer à Lyon en 1836, me déclara ne pas comprendre pourquoi on établissait une démarcation profonde entre les deux formations. Telle était aussi ma manière d'envisager ces faits; mais j'avais de plus constaté l'intimité des relations du gîte de Valsonne avec les masses de Tarare et celles du revers occidental des montagnes lyonnaises. Ici Régny me fournit des entroques, des bivalves et autres restes fossiles, qu'il était certainement bien impossible de considérer comme provenant d'animaux ayant vécu dans les eaux douces; ici encore se retrouvaient les conglomérats, les grès, les anthracites; et, à mon sens, ces masses ne pouvaient être que des prodromes de la formation houillère.

82. Eh bien! par suite de la combinaison fort simple des rapports de position, des caractères d'association, des physionomies minérales et des fossiles, quel que soit d'ailleurs leur nom, je me trouvais amené tout naturellement à comprendre que j'avais sous la main le terrain de transition supérieur ou le carbonifère ancien, déjà connu alors d'après

les études faites en Angleterre (61). C'était la même idée que celle qui sortait de la plume de M. Leymerie au moment où il faisait connaître les travaux de M. Valuy, et je n'ai jamais pu comprendre comment il a pu la perdre de vue dans ses énoncés ultérieurs. Quoiqu'il en soit, dès ce moment la séparation du carbonifère d'avec les dépôts houillers voisins de Sainte-Paule, de l'Arbresle, de Coursieux, etc., n'était plus que le résultat d'un assez minime mouvement du sol, ainsi que je l'ai dit précédemment (79). On a vu de quelle manière mes déductions ont été confirmées par les travaux paléontologiques, et en cela l'accord se montre si parfaitement satisfaisant que la méthode stratigraphique inspirera une pleine confiance aux mineurs quand j'aurai achevé l'exposé des déterminations qui m'ont servi de base.

83. D'abord je ne m'arrêtai pas à ces premiers aperçus. J'établis immédiatement quelques divisions dans les terrains anciens des environs de Lyon.

La première, englobant les terrains primordiaux, granits, gneuss et micaschistes, occupe la partie orientale du pays jusqu'à une ligne menée de Sainte-Foy-l'Argentière au pont de Buvet en passant par Chevinay, de manière à suivre à peu de chose près la vallée de la Brevenne.

Au-delà de cette ligne commence un système non fossilifère, composé essentiellement de schistes argileux ardoisiers, que tout autorise à considérer comme étant très ancien, et l'on verra par la suite de qu'elle manière il est transformé par le métamorphisme. On peut le limiter à l'ouest par une autre ligne menée des environs de Tarare dans le Bas-Beaujolais, en passant près de l'Etrat dans la vallée de l'Azergues. Il est actuellement permis de considérer cet étage comme appartenant à l'étage silurien inférieur.

Enfin ma troisième zone, où apparaissent les calcaires fossilifères, les grès, les conglomérats, les schistes et les an-

thracites de l'étage carbonifère, part de la ligne de démarcation précédente pour s'étendre vers la Loire.

On pourra au besoin retrouver quelques indications sommaires au sujet de ces tracés dans mon discours de réception, lu à l'Académie de Lyon en 1835. Il en a été également question dans un Mémoire envoyé à l'Institut en 1837; je les ai fait connaître dans mes premières leçons de géologie, à la suite desquelles, mettant à profit les connaissances locales de mon ami M. le docteur Courbis, je pus conduire en 1836 mes auditeurs aux gîtes calcarifères d'Affoux, de Tarare et de Régny. D'autres excursions leur firent connaître les dépôts d'Azolette et de Propières, qui, dans leur extension du sud au nord, se trouvent reliés aux précédents par l'intermédiaire des marbres de Saint-Bonnet-de-Troncy. Par suite des mêmes occasions je pus signaler à l'attention de mon collègue, M. Jourdan, les premiers fossiles provenant du bassin de la Vauxonne près de Villefranche, où ils se trouvent inclus dans la zone de transition supérieure ou carbonifère.

84. En donnant suite à mes recherches, d'après le système avec lequel je m'étais si amplement familiarisé autour de Lyon, je fus successivement amené en 1840 à indiquer l'existence du même terrain à Neffiez. En 1841 je le retrouvai dans la vallée du Lignon, à Soulagette et autres stations placées à l'ouest de Boën; c'était une reprise dans mon sens des développements déjà admis par MM. Valuy, Dufrénoy et Gruner. L'année 1846 me permit de visiter une dernière fois les Vosges. Les roches qui environnent les ballons de Giromagny et de Guebwiller, les gîtes anthraxifères des environs de Thann, ainsi que d'autres masses reléguées au nord de Schirmeck, me montrèrent des caractères tellement identiques à ceux des environs de Lyon, qu'il n'y avait pas lieu à hésiter à les raccorder les unes avec les autres. En 1852 je pus découvrir également le carbonifère auprès du Creusot et sur les

hauteurs du Morvan, entre la Roche-Millay et Château-Chinon; pour ce dernier pays mes observations confirment pleinement celles qui avaient été faites à Bourbon-Lancy par M. l'abbé Landriot.

Passons actuellement à l'Italie. Mes voyages de 1845 et 1847 autour de Lugano m'ont mis à même de découvrir l'existence de nappes carbonifères étalées sur les hauteurs qui dominent le lac de Ghirla et à Brincio. Je les ai indiquées à M. Jourdan, lorsqu'il se préparait, en 1853, à visiter le pays, de sorte qu'il a pu découvrir de ces côtés quelques fossiles caractéristiques. Conduit d'ailleurs par mes recherches jusqu'au-delà de Fassa dans des districts où se trouvent également quelques lambeaux de conglomérats déjà mentionnés par MM. Marzari, Boué et de Buch, j'ai pu combiner ces indications avec celles de M. Unger de Gratz, de manière à conclure qu'une vaste nappe carbonifère a été appliquée d'une extrémité à l'autre du versant méridional des Alpes orientales depuis la Styrie et la Carinthie jusqu'au lac Majeur. Delà elle pénètre dans les Alpes piémontaises, où elle a déjà été l'objet de quelques détails émis par mon ami M. de Sismonda, en attendant la rédaction définitive du magnifique travail sur la géologie des Alpes occidentales dont il se prépare à enrichir la science.

Ici également la tendance à retrouver l'étage permien se manifeste déjà dès le début de la géologie stratigraphique, en 1806, dans les écrits de M. Marzari. MM. Buckland, Pasini, Sedgwick, Murchison, Boué, de Buch, ont adopté plus ou moins nettement l'existence du même terrain caractérisé par les schistes marno-bitumineux de San-Antonio, de Recoaro, de Fassa, de Varèze, du val di Rif, d'Idria, du Mont-Enna, etc. M. Maraschini reconnaît même près de Valli une formation houillère contenant entre autres des argiles schistoïdes, des calcaires gris de fumée, impressionnés et accompagnés d'une

houille en bancs trop minces pour être exploitable. Si donc l'on rapproche ces indications de celles que fournit le gîte marno-bitumineux à poissons et à empreintes végétales de Seefeld, on commence à croire que le zechstein de l'Allemagne s'étend dans les parties supérieures de la vallée de l'Inn, d'où elle pénètre sur le versant méridional des Alpes Tyroliennes. Au surplus on doit regarder comme une hypothèse très peu admissible celle qui consisterait à faire croire que ces géologues, si intimement familiarisés avec les caractères des roches, soient tous tombés dans la même erreur au sujet d'un terrain tellement tranché, et pour ma part, jusqu'à preuve positive du contraire, je conserverai l'idée de mes devanciers pour une partie de ce qu'il m'a été possible de voir autour du Seisser-Alp.

Depuis mes voyages en Italie, j'ai reçu d'un minéralogiste distingué, M. Pecchioli, de Florence, une importante collection d'empreintes houillères ou carbonifères provenant des schistes qui encaissent la mine de mercure de Jano. Ces schistes, contenant de l'anthracite, avaient été confondus jusqu'alors avec les autres parties du paquet complexe du *Verrucano* toscan, objet des études de MM. Savi et Meneghini; maintenant non seulement ces découvertes laissent discerner des étages distincts, mais de plus, en combinant ce nouvel élément avec les précédents, il est permis d'entrevoir qu'il pourrait dépendre de la persévérance des géologues italiens de découvrir dans leur pays un ensemble houiller vraiment efficace.

Enfin vers la fin de 1852 j'eus à visiter l'Algérie. Là, contre les rampes méridionales de la vaste gibbosité du Fel-Fela, si remarquable par ses marbres, par ses amas de fer oligiste et oxidulé, j'ai encore pu observer un assemblage de grauwakes, de schistes, de grès, de quarzites, auquel est très probablement liée la couche d'anthracite impure que quel-

ques colons s'efforçaient d'exploiter près de la plaine de Jemmapes. J'ai donc encore conclu qu'ici, de même que sur la bordure italique de la Méditerranée, il ne faut pas absolument désespérer de l'avenir, malgré les minimes chances que laissent entrevoir les études faites jusqu'à ce jour. Si elles semblent conduire à cette conclusion que l'étage houiller ne s'y est pas plus développé dans le système paléozoïque que l'étage polithique ne l'est dans le jurassique méditerranéen, il ne faut pas perdre de vue que l'Espagne, l'extrémité orientale des Pyrénées, le Languedoc et le Var possèdent des gîtes houillers; pourquoi donc l'Italie et l'Algérie en seraient-elles dépourvues?

RÉSULTATS DES ÉTUDES SUR LE MÉTAMORPHISME DES TERRAINS DE TRANSITION.

85. Au milieu de ces explorations ce n'était pas la question de l'existence pure et simple du carbonifère qui prédominait chez moi; un autre problème non moins capital sous le point de vue théorique avait encore fixé mon attention : c'est celui du métamorphisme. De quelle utilité pourraient être en effet les caractères paléontologiques et minéralogiques, s'ils sont sujets à être dénaturés par toute la complication des réactions que les masses éruptives ont exercées sur les masses sédimentaires? Il existait même à cet endroit une étrange confusion, d'où résultaient les abus les plus extraordinaires, et, qu'on le remarque bien dès à présent, les géologues anglais, si éminents que soient les services qu'ils ont rendus à la science, sont loin d'avoir tout fait. Quittant la voie chimique qui leur avait été ouverte par Hutton et par Mac-Culloch, pour s'adonner plus spécialement à l'étude des terrains intacts, ils ont à peu près entièrement perdu de vue les roches ignées ou modifiées par les actions plutoniques. Et quelle preuve plus frappante pourrait-on alléguer à l'égard du fait que la bizarre incertitude de leurs *roches trappéennes*, véritables pièces de la

menue monnaie des *arkoses*, des *schistes talqueux*, des *spilites*, des *ophites*, qui, altérée de toute manière, ne peut servir qu'à solder les comptes-courants de ceux qui se paient réciproquement en *inania verba*?

86. Il s'agissait donc de chercher un remède à ces abus. C'est dans ce sens que j'ai travaillé dès l'année 1834, et j'ai pu bientôt poser quelques principes qui, en raison de leur simplicité, ont obtenu en 1837 la haute approbation de l'Institut. A peu près à la même époque M. de Leonhard me fit l'honneur d'insérer dans ses *Annales* un résumé d'une classification des roches que, dans mes leçons, je proposais de substituer à l'incroyable désordre qui régnait dans la pétralogie, et maintenant encore qu'une longue expérience m'a davantage familiarisé avec les faits, je ne vois que peu de changements à introduire dans ces primitifs arrangements. Au surplus les énoncés au sujet de l'endomorphisme et de l'exomorphisme font leur chemin, sous un nom ou sous un autre, peu importe; les théorêmes au sujet de la cuisson, de la surfusion, de la cristallisation, de la métallisation, de la silicification, de la feldspathisation, tendant à devenir des choses familières au point que l'on ne s'inquiète même plus de leur origine. J'ai entre autres la satisfaction de voir un habile chimiste, M. Delesse, employer couramment quelques-uns de ces mots, et l'on pourra s'en assurer par la lecture de sa *Notice sur les Caractères de l'Arkose vosgienne*; mais, qu'on le remarque bien, je constate pour le moment le fait sans accepter le fond des idées qui ont présidé à la rédaction de ce travail. Cependant plusieurs géologues du premier rang considéraient dans le principe la feldspathisation comme un fait fort peu probable. Je n'insisterai d'ailleurs pas sur les paraphrastes, dont le génie se réduit à s'approprier tout ce qu'ils touchent; il importe d'aborder un objet plus essentiel auquel je tendais à arriver.

87. On déchiffre un antique alphabet avec l'intention de s'en servir pour lire, et j'avais dû me poser la question suivante: Est-il possible, d'après l'inspection d'un certain ensemble métamorphique, de démêler son état originaire, de façon à pouvoir assurer avec connaissance de cause qu'il appartient, par exemple, au carbonifère? Le thème ainsi posé se révèle avec un intérêt tout nouveau, non seulement pour la science, mais encore pour l'industrie; car enfin tout restera incomplet tant que l'on ne saura pas distinguer ce terrain d'avec un autre pareillement métamorphique.

En cela l'on comprendra facilement que les caractères minéralogiques doivent acquérir la prépondérance sur les fossiles, car ceux-ci ne peuvent conserver leurs caractères que dans les roches cuites, porcellanisées ou devenues pétrosiliceuses, ainsi que cela est arrivé pour les empreintes de MM. Voltz, Elie de Beaumont et Jourdan (71, 72, 73). Passé ce terme, de simples cailloux ou des grains de sable quarzeux et infusibles seront bien autrement reconnaissables et permettront souvent de distinguer des grès ou des conglomérats d'avec des schistes profondément atteints par les actions métamorphiques. La texture schisteuse, que l'on retrouve si souvent dans les parties les mieux fondues en apparence, peut corroborer les aperçus déduits de l'hétérogénéité des masses. Les apparences conservées de la stratification générale, le passage pur et simple d'une roche sédimentaire normale à une roche remaniée, fournissent encore autant d'indices sur lesquels on peut se baser. D'ailleurs la nature des matières premières a dû se traduire dans les combinaisons ainsi que dans les cristallisations subséquentes, et l'on en a la preuve, par exemple, dans les métamorphismes serpentineux, qui sont caractérisés par leurs *jaspes*, par leurs *mischios* et par leurs *gabros*, roches bien différentes des masses analogues produites sous l'influence des porphyres quarzi-

fères. Ces principes étant admis, on comprendra aussitôt que ma proposition n'est pas aussi chimérique qu'elle aurait pu le paraître au premier aspect.

J'ai donc également dirigé mes études vers ce but; et, sans m'écarter pour le moment des environs de Lyon, je ferai remarquer que notre ensemble de transition se prête très convenablement aux applications du métamorphisme pris dans le sens en question. Il suffira, pour une première indication, de reprendre les diverses zones telles qu'elles ont été indiquées précédemment (83), et d'en compléter les caractères par les nouveaux détails. Voici le parallèle qui en résulte:

Zones sédimentaires.	*Roches éruptives.*	*Roches métamorphisées.*
Zone de transition supérieure.	Porphyres et Syénites.	4° Calcaires, grauwackes, conglomérats, peu métamorphisés; quelques jaspes. 3° Schistes endurcis, pétrosiliceux; magmas jaspoïdes; marbres; mélaphyres; diorites.
Zone des schistes argileux.	Porphyres et Syénites.	2° Schistes imprégnés de feldspath, dits *Cornes rouges*. Schistes chloriteux; schistes amphiboliques, plus ou moins feldspathisés; magmas à épidote et à grenats.
Zone primordiale.	Granits.	1° Micaschistes purs ou feldspathisés; gneuss et granits veinés.

88. De ces rapprochements résulte l'établissement de caractères spéciaux pour chaque système, et il ne pouvait guère en être différemment, puisque les matériaux primitifs sont assez distincts. D'un autre côté, on voit que le métamorphisme s'est singulièrement amoindri à l'époque carbonifère, et il est de fait que les roches houillères subséquentes sont à peu près dépourvues des traces de ce genre de réactions. On remarquera cependant le passage très brusque qui existe entre l'état des deux roches qui constituent les groupes de nos terrains de transition supérieurs. En effet le calcaire carbonifère proprement dit, qui est placé à la partie supérieure du système, ayant été à peu près complètement soustrait aux influences plutoniques, conserve son état bitumineux ou plutôt sa texture pierreuse; il est entremêlé de schistes au plus prismatisés ou esquillés, de façon que d'ordinaire il tranche nette-

ment et brusquement sur l'assise sous-jacente dans laquelle la cristallisation est développée à un haut degré, soit dans ses marbres à peine fossilifères du Mont-Jonc, de l'Etrat et des environs de Vaux, soit dans ses roches silicatées, souvent converties en mélaphyres et en diorites.

Celles-ci, il faut le dire, en vertu de leur cohésion, ont résisté d'une manière bien plus complète aux causes de démolition, par lesquelles les calcaires supérieurs ont été si largement morcelés qu'il n'en reste souvent que de petits lambeaux disséminés çà et là dans les recoins de nos montagnes occidentales. La nappe des mélaphyres et des diorites s'étend au contraire largement sur la plupart de leurs croupes ainsi que de leurs rampes, formant soit des calottes, soit des plaques supportées et traversées par les porphyres quarzifères et les syénites. C'est donc en vertu de cette intégrité que celle-ci m'a facilité la découverte des grauwackes et des grès morcelés de la subdivision supérieure dans toutes les localités lointaines que j'ai pu visiter, telles que le Tyrol, la Suisse italienne, le Morvan et les Vosges.

Accessoirement ces mélaphyres m'ont aussi mis à même de faire comprendre le néant de la dolomisation des calcaires jurassiques du Tyrol; il a suffi pour cela de démontrer que ces roches, déjà parfaitement éteintes, ont laissé leurs détritus se rassembler à l'état de cailloux roulés dans les grès, placés sous des calcaires intacts, sur lesquels arrivent seulement les assises prétendues saturées de leurs émanations magnésiennes. Enfin c'est en démontrant que ces mêmes mélaphyres feldspathiques n'ont rien de commun avec les basaltes à pyroxène de Fassa, qu'il m'a été possible d'établir une démarcation tranchée entre cette localité restreinte et les autres parties de la Haute-Italie.

89. Sans doute en énonçant ces aperçus je ne me pose pas avec la prétention d'avoir résolu dès à présent tous les pro-

blèmes que peuvent présenter des roches si profondément dénaturées par la cristallisation plutonique. Leur paquet est probablement plus complexe que je ne l'ai supposé jusqu'à présent; j'ajouterai même que mes études me portent depuis quelque temps à me demander si parmi l'ensemble des masses confondues précédemment dans le carbonifère inférieur, il ne pourrait pas se trouver quelques parties dévoniennes ou propres au silurien supérieur. De rares et ambigus débris de grès rouge, étalés sur les hauteurs de Diême, se raccorderont peut-être un jour avec l'old-red; mais pour le moment je dois me contenter d'avoir fait entrevoir une possibilité qui sera discutée plus amplement dans d'autres notices; il ne s'agissait dans celle-ci que d'avoir fait comprendre comment, en se laissant guider par les associations ainsi que par les caractères minéralogiques, on peut arriver à établir des repères capables de remplacer ceux que fournit la paléontologie, et offrant de plus l'avantage de se maintenir lorsque celle-ci est devenue impuissante par suite de la dissolution provoquée par les bains porphyriques et syénitiques. Toutefois, qu'on le remarque bien, il n'entre nullement dans ma pensée de déprécier les résultats des paléontologistes; ils font partie du capital de la science, et à ce titre ils ont droit à une estime égale à celle que peuvent mériter les données des minéralogistes. Cependant il y a loin de là à cette idée de suprématie propre à certains esprits, et dont le résultat est de regarder comme non avenu tout ce qui n'a pas été sanctionné par la découverte d'un fossile. Depuis longtemps les géologues savaient reconnaître les calcaires carbonifères, qui n'ont pas leurs pareils dans les autres terrains; ils connaissaient également leur place à la base de la formation houillère. A défaut de ces calcaires, ils savaient que la nature des roches établit un rapprochement entre l'étage houiller et les terrains de grauwackes, lesquels contiennent déjà des fossiles

végétaux changés en anthracite, et cette idée a entre autres été fort bien développée par M. Hœvel dans un travail sur les terrains houillers de la rive droite du Rhin. Sans doute, comme l'a fait observer M. Delanoue, l'ère dévonienne a été signalée dans le nord de l'Europe par de violents et de nombreux cataclysmes, puisqu'il s'est déposé alors une énorme série de bancs alternatifs de schistes fins et de poudingues, depuis la Westphalie jusqu'en Ecosse, et depuis la Bretagne jusqu'à la mer Blanche. Cela étant, il en résulte, pour ces côtés, une modification remarquable des caractères par rapport au dévonien méridional; mais aussi M. Dumont a jugé à propos de ranger, pour la Belgique, sous la dénomination unique de système condrusien, le mountain-limestone et la grauwacke dévonienne à cause de la liaison intime des deux étages dans lesquels les calcaires et les schistes alternent et se remplacent si souvent. Ainsi donc, dans l'impossibilité de les séparer, et par conséquent de blâmer l'association admise par ce dernier, on doit également accepter celle qui a été conclue par M. Hœvel.

Pour ma part, plus je retourne la question, plus je demeure convaincu que les paléontologistes sont des auxiliaires puissants, mais non les régulateurs suprêmes de la géologie. Un raisonnement bien simple fera comprendre que, du moment où l'état physique et chimique des milieux s'est modifié, non seulement certains êtres du règne organique ont dû s'effacer pour faire place à d'autres, mais encore que les modifications ont dû se traduire en caractères indélébiles dans la physionomie des roches. Le minéralogiste peut donc s'aider de celles-ci pour la poursuite de ses explorations.

Cependant on ne peut disconvenir des difficultés qu'il éprouvera à l'aide de ce seul moyen. La forme d'une coquille est le plus souvent quelque chose de grossier et de saisissable, même pour des yeux peu clairvoyants. Il n'en est pas de

même des minéraux, dont la forme cristalline, l'éclat, la cassure, ne diffèrent quelquefois que par des nuances délicates qu'un organe exercé peut seul apprécier, et cette aptitude exige nécessairement un certain travail, auquel peu d'hommes veulent se livrer. L'on est même étonné du petit nombre de ceux qui ont acquis cette acuité de la vue qui est nécessaire pour distinguer immédiatement certaines roches les unes des autres, et c'est cette rareté qui fait la principale force des paléontologistes, sans détruire en rien la vérité des principes. Elle établit simplement l'état d'arriéré dans lequel la minéralogie a été laissée depuis quelques années, faute d'avoir été dirigée de manière à suivre les progrès de la science. On a trop laissé croire que pour travailler en géologie il n'est pas nécessaire de posséder le sentiment des détails, de façon que l'on voit souvent confondre ensemble des masses essentiellement disparates. Il faut avouer aussi qu'en s'attachant en quelque sorte aux échantillons et non aux ensembles, les physionomies des terrains ont été imparfaitement rendues. Quant à moi, combien de fois n'ai-je pas eu à meféliciter d'avoir pris la pétralogie pour base? elle me permet d'apprécier, à la première vue d'un ensemble, des différences là où il me faudrait passer un temps très long à trouver des fossiles caractéristiques; l'étude de la disposition relative des masses achève ensuite ce qu'une inspection générale a fait pressentir, et bien rarement les coquilles ou les impressions végétales sont venues à l'encontre des recherches qu'il m'a été possible de compléter dans ce sens.

RÉSULTAT DES ÉTUDES SUR LE MÉTAMORPHISME SPÉCIAL DES TERRAINS HOUILLERS.

90. J'ai suffisamment établi que dans le fascicule des terrains paléozoïques la formation houillère constitue un ensemble peu métamorphisé. De là cette physionomie vierge, ce caractère sédimentaire conservé au plus haut degré, et qui

dans les anciennes divisions du système l'ont fait placer en tête des terrains secondaires.

Cependant on ne peut pas dire qu'elle ait partout échappé à l'influence de la longue période pendant laquelle les bains porphyriques scorifiaient des parties plus ou moins considérables des couches sous-jacentes. Il résulte des études faites sur une plus grande échelle que certains porphyres quarzifères sont réellement antérieurs aux masses houillères, et l'on en donne pour preuve les gîtes qui reposent sur les roches éruptives en question, par exemple, ceux de Decazeville. La même opinion doit également être soutenue à l'égard du terrain houiller de Roderen (39), et surtout pour celui de la Loire, quoique l'on ait avancé qu'il n'existe point de galets porphyritiques dans les conglomérats de Rive-de-Gier. Les recherches soignées de M. Drian ont au contraire fait voir que ces cailloux abondent dans cet étage inférieur, et la collection de la Faculté des Sciences de Lyon en renferme plusieurs types, tellement caractérisés que le doute n'est plus permis à ce sujet. On trouve aussi des galets euritiques dans les poudingues d'Epinac.

D'un autre côté il est non moins évident que sur d'autres points les porphyres ont surgi après le dépôt des masses houillères, puisque d'après MM. Dufrénoy et Coquand, on n'en rencontre point les débris au milieu des autres matériaux de transport qui constituent les conglomérats de Reyran (Var). Les filons fournissent d'ailleurs des preuves plus démonstratives à cet égard. Dans la commune de la Selle près du pont de la Veson (Autun), MM. Rozet et Jourdan ont observé des filons de porphyre euritique qui pénètrent sur plusieurs points dans le terrain houiller. A leur contact la houille est devenue sèche, brillante et un peu caverneuse. Le grès houiller s'est endurci et ses parties feldspathiques ont pris une apparence frittée.

91. Je ferai actuellement remarquer que ces porphyres diffèrent souvent d'une manière remarquable des porphyres quarzifères proprement dits. Duhamel avait signalé la masse, à *apparence basaltique*, dite le Rocher-Noir, qui est incluse dans le terrain de Souvigny en Bourbonnais; elle a été étudiée depuis près de Noyant, par MM. Puvis et Berthier, qui n'ont pas pu voir en elle un produit analogue au basalte. Le célèbre chimiste a d'ailleurs reconnu des roches analogues près de Figeac. Cette extension des gisements avec des caractères aussi particuliers méritait donc une certaine attention, et l'on a constaté que la roche noire de Noyant dessine à la partie inférieure du terrain deux couches qui semblent alterner avec les grès en s'étendant fort loin dans le bassin, car on les retrouve à l'extrémité E aussi bien qu'à celle de l'O. A Figeac l'injection s'est effectuée parallèlement à la stratification. A Segure la roche éruptive paraît former sur quelques points la partie extérieure du terrain houiller, mais il coupe aussi toutes les couches. Les porphyres de Brassac sont non seulement injectés horizontalement, mais encore en forme de dycke. A Flaviac, à Saint-Michel-d'Aubin et à Planiolles on retrouve des relations analogues. A la mine de la Grange, entre autres, la roche noire affecte la même direction que la couche de houille; puis elle se divise en plusieurs ramifications, tantôt en brisant les couches, tantôt en s'intercalant entre leurs feuillets, et ces branches s'amincissent graduellement, de manière à se perdre avant d'avoir pu affleurer au jour.

Ces dispositions ne permettent pas de mettre en doute l'intrusion mécanique de ces filons, qui d'ailleurs a été accompagnée de quelques actions métamorphiques peu intenses. On en a la preuve à Brassac, et mieux encore à Carme, où les schistes houillers conservent d'une manière très nette les empreintes de leurs calamites, quoiqu'ils aient été endurcis.

Les caractères minéralogiques de ces roches étant beaucoup plus essentiels, j'ajouterai immédiatement qu'à Tuchan, elles constituent des espèces de porphyres amygdaloïdes noirs ou de couleurs variées. Dans les houillères de l'Aveyron, ils sont rouges, verts ou noirs, avec des cristaux d'albite et des parties d'un jaune verdâtre, offrant une certaine analogie avec la serpentine, mais qui ne sont probablement autre chose que des pinites imparfaitement cristallisées. Ils contiennent de plus des veinules, de petits filons, des rognons d'agate ou de jaspe, indépendamment des amandes calcaires. A Noyant, le produit est également noir ou d'un vert foncé, passant par dégradation de teinte à des roches jaunâtres; la texture est rendue porphyritique par suite du développement de petits grains indiqués comme étant de nature labradorique. Brassac présente de même des porphyres gris ou verdâtres, avec cristaux de feldspath et quelques globules de quarz. Enfin on peut suivre depuis Pont-au-Mur jusque près de Saint-Priest et au-delà un long et puissant filon d'un de ces porphyres, dont le rôle sera précisé ultérieurement. Pour le moment il suffit de savoir que sa pâte, d'un gris verdâtre, à apparence quelquefois très rude et terreuse, est au fond très cristalline, chargée de cristaux de feldspath, de quarz bipyramidé, et plus particulièrement encore de mica brun hexagonal, rhomboëdrique ou irrégulier, qui lui donne quelque chose de l'aspect des minettes. Ce même filon, à l'approche de Pont-au-Mur, où il est traversé par le Sioulet, présente une cassure euritique, esquilleuse, et dans tous les cas beaucoup plus compacte que dans la partie nord de son extension. La pâte est composée d'éléments d'un jaune clair, entremêlés de facules brunes, toutes indéterminables; de nombreuses et très petites paillettes de mica sont noyées dans cette masse; le quarz est presque complètement effacé, et le feldspath s'y dessine sous la forme de petites lamelles

blanches et irrégulières. Indépendamment de ces parties essentielles, on y rencontre çà et là des pyrites, des veinules de spath fluor violet ou vert, à côté de filets de calcaire blanc laminaire. Ceux-ci sont assez abondants sur quelques points pour avoir pu porter à considérer cette roche comme étant une hémithrêne; un examen plus attentif a facilement fait disparaître cette incertitude.

92. Il s'agit actuellement de caser les roches en question· M. Dufrénoy croit devoir associer à la serpentine celles de l'Aveyron et de Noyant, de même qu'il place celles de Ségure parmi les ophites et les lherzolithes, si abondantes dans les Pyrénées. En attendant que l'ophite soit connu, je proposerai une autre manière d'envisager les faits, et tout d'abord je ferai remarquer que les porphyres verts sont assez communs en Auvergne. Ainsi, indépendamment des filons de Brassac, de Pont-au-Mur et de Saint-Priest, on peut étudier commodément celui qui est encaissé dans les granits, en amont de Volvic, et qu'exploite l'administration des ponts-et-chaussées pour l'empierrement de la route. Son ensemble est très hétérogène. De l'état d'une pâte composée de petites taches d'un vert clair et d'un vert sombre, la masse passe indifféremment à la teinte verdâtre ou noirâtre uniformes; la cassure en est alors esquilleuse, rude ou miroitante, sans cristaux distincts. Ailleurs on voit un magma de teinte foncée, mélangé de nuages perceptibles d'un rouge clair et de parties brunes qui pourraient être des cristaux de pinite atrophiés; dans ce cas la roche contient quelques fines lamelles de mica. Çà et là les flaques rouges se développent; on découvre des nodules calcaires, ayant souvent un point pyriteux pour centre, et aussi quelques soufflures tapissées d'exigus cristaux et de mamelons de quarz rouge avec de petites houppes d'un minerai prismatique, assez semblable à l'épidote. Enfin, plus loin, sur la même arête, on trouve des porphyres bruns, rudes,

sans quarz et avec peu de mica. En somme, on a dans cette localité des passages à la roche noire de Noyant et au porphyre brun des Vosges. Cependant une association avec les porphyres rouges quarzifères pouvant paraître très douteuse, je vais compléter ces détails par d'autres observations en partie consignées dans mes *Etudes sur les Dépôts métallifères, 1834*, à l'occasion des filons de Pont-Gibaud, et dont j'ai pu confirmer de nouveau l'exactitude.

Ceux-ci sont accompagnés d'une zone porphyrique, que l'on peut étudier très facilement dans les escarpements des bords de la Sioule près de Pranal. La roche essentielle est blanche, contenant dans une pâte euritique de beaux cristaux d'orthose, des quarz bipyramidés, quelques lamelles de mica, des cristaux de pinite, avec quelques apparences d'épidote. Ce porphyre si pur passe néanmoins vers ses parois et d'une manière graduelle, à l'état de porphyre vert, qui se surchargeant continuellement de mica, finit par se réduire en quelque sorte à l'état de minette, dans laquelle les quarz ainsi que les pinites sont encore reconnaissables en quelques points. Il arrive aussi sur la prolongation du système que, les masses blanches venant à manquer, il apparaît simplement des parties vertes ou des parties micacées.

Si donc on ne s'astreignait pas à suivre ces sortes de roches sur une certaine étendue, en d'autres termes si l'on se refusait à subir le joug du principe de l'association, on serait conduit à émettre à leur égard les indications les plus erronées; on supposerait, par exemple, l'existence de deux ou trois formations éruptives bien distinctes, tandis que le tout est lié ensemble par les transitions les plus ménagées. En partant, au contraire, de l'ensemble des faits présentés par les roches de Pranal et de Volvic, on arrive à comprendre que le porphyre blanc le plus pur est susceptible de passer indifféremment à un porphyre vert, à un porphyre brun, à

un porphyre noir, à des pâtes vertes, à des pâtes brunes, à des pâtes noires, et à des pâtes mélangées de rouge et de brun. En généralisant ces aperçus, on se trouve inévitablement porté à réunir dans un même ensemble les porphyres et les eurites de toutes les couleurs, qu'une association intime et une disposition commune en forme de filons doivent faire ranger dans la catégorie des roches éruptives. Il en sera ainsi, du moins dans les contrées auvergnates, pour la roche de Noyant, pour le grand filon vert qui s'étend de Pont-au-Mur à Saint-Priest, pour les roches porphyriques vertes de Brassac, pour celles de Volvic et de Pranal.

93. En portant ses investigations dans la chaîne du Forez, on découvrira dans les porphyres granitoïdes de M. Gruner, depuis Boën jusqu'à la Bergère, une remarquable tendance à changer de l'état blanc à l'état vert, non-seulement par suite d'une surcharge en protoxide de fer, mais encore en vertu d'une modification dans la cristallisation, dont le résultat a été de faire passer la partie colorante verte à l'état de lamelles chloriteuses. Ces mêmes roches présentent d'ailleurs si fréquemment l'aspect porphyrique normal, qu'il faut les considérer comme étant des modifications cristallines du même ordre que celles qui dans une autre classe permettent de distinguer le granulite et la pegmatite d'avec le granite typal.

Dans les Vosges, une roche a déjà exercé la sagacité de MM. Rozet, Delesse, Collomb et J. Kœchlin-Schlumberger; c'est celle de Thann. Ses larges maculatures verdâtres, blanches et rouges, souvent sphéroïdales; ses empâtements fragmentaires frangés de zones fondues et vertes; ses pyrites, ses spaths calcaires, ses veines de quarz et sa fluorine, lui donnent incontestablement le caractère d'un mélange à grandes parties, dont les masses de Pont-au-Mur et de Volvic constituent les représentants à petites parties. Le porphyre brun

de ces mêmes montagnes sera plus spécialement considéré comme étant le développement sur une grande échelle des variétés brunes du filon de Volvic.

Enfin l'on sait que le terrain houiller des bords de la Nahe ainsi que de la Glane a été bouleversé par des masses de porphyres quarzifères, auxquels sont liés des spilites amygdaloïdes; la pâte d'un brun rouge et terreuse de ceux-ci présente une grande analogie avec celle des porphyres bruns vosgiens. On remarquera en sus que les roches qui ont traversé les gisements de combustible de l'Aveyron contiennent également des rognons d'agate (91), et qu'enfin les parties brunes du porphyre de Volvic renferment pareillement des globules calcaires ainsi que des soufflures tapissées de petits cristaux ou mamelons de quarz rouge. Dès-lors, en amplifiant l'échelle des phénomènes, et sans blesser en rien le principe de l'association, on est encore une fois en droit de réunir ces masses à l'ensemble des modifications du système porphyritique.

C'est ainsi que, malgré les distances, la pétralogie arrive à relier ensemble des roches en apparence très disparates, et à réfréner sa tendance à la multiplication des espèces. Toutefois il ne suffit pas d'avoir établi ces rapprochements, il s'agit encore d'expliquer cette singulière surcharge en silicates ferrugineux, en vertu de laquelle une roche blanche comme l'est, par exemple, celle de Pranal, peut affecter une teinte verte ou rouge plus ou moins foncée. A cet égard je ne vois qu'une hypothèse possible : c'est celle de l'endomorphisme de la roche éruptive.

94. Pour en faire l'application aux cas actuels, je ferai remarquer qu'à Pranal le porphyre blanc empâte quelquefois des fragments et des boules micacées, qui ne peuvent être que des débris à demi-dissous du micaschiste de la contrée. En admettant une action plus large, exercée, non pas sur une même

esquille, mais sur la roche encaissante, on arrivera à comprendre que la partie contigue du porphyre en question a pu se saturer au point de se créer une salbande hétérogène, affectant l'apparence de la minette, avec toutes les transitions verdâtres intermédiaires. Rien n'oblige d'ailleurs à supposer que cette action dissolvante ait travaillé précisément sur les points où la pâte plutonique est venue se fixer; il est permis de concevoir des actions souterraines du même ordre, concomitantes avec l'injection, et ayant opéré de façon que la matière porphyrique ne s'est établie sous la forme de filon qu'après avoir été plus ou moins dénaturée en route par suite de quelques imbibitions. De là ces physionomies si variées, si capables de faire accumuler les types dans les classifications, mais en même temps si propres à induire en erreur le savant auquel il a été refusé de parcourir de grands espaces, et par conséquent de découvrir les passages successifs d'un état à un autre, ainsi que tout le cortége des phénomènes, sans lequel les faits demeurent continuellement inexplicables.

En procédant de cette manière large, le géologue ne verra peut-être nulle part les réactions endomorphiques et exomorphiques exercées sur une plus grande échelle que dans les environs d'Oberstein. Ici, comme j'ai déjà eu occasion de le dire dans d'autres circonstances, les spilites multicolores, quoique souvent brunis, porphyroïdes ou amorphes, agatifères et calcarifères, ont conservé çà et là des indices manifestes de leur stratification primitive. Sur d'autres points tout a coulé, de manière que les géodes d'agate se sont étirées en forme de longues marbrures. Le voisinage des porphyres quarzifères permet de rapporter à ceux-ci ces métamorphismes, qui par leur intensité ont si étonnamment dénaturé les roches houillères de la contrée, qu'il faut vraiment quelque exercice pour ne pas confondre dans un même en-

semble purement éruptif, les filons rouges avec les masses vertes ou brunes, à veinules et à rognons d'agate. On peut également regarder ces porphyres comme étant les premiers moteurs des éruptions oligistes et mercurielles, dont les filons ont cuit à leur façon les schistes houillers, au point de les convertir çà et là en jaspes d'une extrême dureté; c'est ainsi que dans cette pittoresque contrée, les phénomènes plutoniques se sont manifestés sous les formes les plus grandioses et les plus complexes, sans cependant cesser d'accorder à l'observateur attentif le moyen de se retrouver au milieu de leur dédale.

Toutefois, par leur exiguité habituelle, comme par leur rareté, les réactions en question, comparées à celles qu'ont subies les dépôts sédimentaires antérieurs, ne détruisent en rien le caractère d'intégrité qui domine chez la formation houillère. Elles laissent toujours le droit de conclure que les assises charbonneuses se sont développées sous un régime de calme plutonique, analogue à celui sous lequel se sont constitués les arrangements des autres nappes secondaires. Les allures générales, les dispositions restant donc les mêmes, les unes comme les autres doivent se maintenir à peu près identiquement autour des massifs primordiaux de transition déjà émergés du sein des mers.

95. En terminant ce long narré des hésitations de la science, je dois faire remarquer à sa décharge qu'un demi-siècle seulement a été réellement consommé pour la solution des principaux problèmes de la grande formation carbonacée. C'est peu si l'on considère les difficultés du sujet, l'étendue des espaces, la multiplicité des questions incidentes. Un si rapide progrès est donc la meilleure des preuves que l'on puisse alléguer en faveur du zèle des géologues et de l'excellent esprit de solidarité dont ils sont animés. Un pour tous et tous pour un, voilà leur devise. Au surplus, dans ces con-

troverses, plus ou moins vives, on ne peut découvrir aucune proposition que l'on puisse réellement taxer d'absurde. Que celui qui a entrevu un point nouveau ne soit pas immédiatement arrivé à une conclusion définitive, il n'y a en cela rien que de très naturel, et sa perspicacité a tout autant de valeur que l'esprit de combinaison de celui qui a complété ce qui pouvait manquer à de premiers aperçus. Il serait d'ailleurs à souhaiter que d'autres branches de nos connaissances pussent exhiber la preuve d'une égale rapidité d'exécution. Laissant de côté les longues aberrations de la chimie et les obscurités qui environnent encore les branches essentielles de la physique, je prendrai pour terme de comparaison l'astronomie, que la grandeur de son domaine place si près de la géologie. Certes, les secours ne lui ont pas manqué depuis les temps les plus anciens jusqu'à nos jours; des sommes fabuleuses ont été consacrées à ses palais, à ses instruments. Ses adeptes ont été glorifiés par dessus tous; de nombreux adjoints sont payés pour venir à leur aide; tandis que le géologue, plus dévoué et non moins utile, reçoit à peine de quoi subvenir à l'entretien de ses marteaux et de ses souliers. Eh bien! que de systèmes n'ont pas été entassés par ces grands de la science, depuis les Egyptiens jusqu'à Ptolémée, et depuis Ptolémée jusqu'à Copernic; et quels systèmes! L'espèce humaine n'a-t-elle pas dû se contenter pendant des siècles de l'absurde syntaxe des trois centres de mouvements, des épicycles, des excentriques, bizarrement compliqués d'une roulette, le tout pour expliquer des illusions de perspective. C'était à révolter le bon sens; mais on n'osait douter, et l'on se serait peut-être tu longtemps encore sans un roi, Alphonse X, qui, au sortir d'une leçon d'astronomie, adressa au démonstrateur ce sanglant sarcasme: Si Dieu m'avait appelé à son conseil au moment de la création, le monde aurait été moins complexe et mieux ordonné. Dès ce moment seulement la

révolution se préparait, et il ne s'agissait cependant jusque-là que d'une mécanique simple entre toutes les autres.

Qu'adviendrait-il donc si le public, non satisfait d'avoir un bon Almanach, ou une exacte Connaissance des temps, s'avisait d'exiger des notions plus précises sur d'autres sujets astronomiques encore confus, tels que la marche de tant de comètes dont on ignore les lois, le déplacement des étoiles prétendues fixes, l'extinction apparente d'un certain nombre d'entre elles, les excursions des étoiles filantes ou des astéroïdes? Alors on pourrait s'apercevoir d'une confusion, sinon plus grande, du moins comparable à celle dont la géologie est rapidement sortie, grâce à son activité sans bornes, à ses luttes incessantes et à sa liberté d'allure, si conformes aux nécessités sans cesse croissantes de l'industrie.

CHAPITRE III.

Théorie de la formation de la Houille.

96. Jusqu'à présent j'ai évité de parler de la houille elle-même, à cause de l'importance des questions qu'elle provoque. Il est facile de voir qu'au point de vue où je me suis placé, il s'agit particulièrement de savoir si ses conditions d'existence minéralogique ou géologique sont de nature à fournir quelques données à l'appui de la théorie des bassins circonscrits; je pourrais même m'en tenir aux simples discussions relatives à ces points capitaux. Cependant, ne m'étant guère limité jusqu'à présent au strict nécessaire, trouvant plus à propos de me livrer en passant aux divers développements que le sujet paraissait comporter, je persisterai encore dans mes précédentes allures. Il me paraît surtout naturel de croire que l'exposé des nombreux tâtonnements auxquels il a fallu se livrer pour expliquer la transla-

tion des matières organiques dans le domaine des corps inorganiques, ne paraîtra point déplacé dans ce travail; et, dans cette confiance, je vais immédiatement résumer les diverses études chimico-géologiques dont la houille a été l'objet.

HYPOTHÈSES DIVERSES AU SUJET DE LA FORMATION DE LA HOUILLE.

Aperçus préliminaires.

97. Par ses propriétés et par ses gisements, la houille se rattache au règne minéral et au règne organique. Elle a été évidemment coulante. Werner et de Charpentier en ont trouvé la preuve dans les injections de cette substance au milieu de fentes de quelques centimètres de largeur, où elle constitue de véritables filons. Leurs observations ont été faites en Lusace, et l'on peut les répéter facilement en France près de Rive-de-Gier, ainsi qu'aux environs d'Alais; d'ailleurs les plis et replis de certaines couches démontrent le fait de cette molesse initiale, tout aussi bien que les pénétrations précédentes.

D'un autre côté la houille fournit à une distillation plus ou moins ménagée, des bitumes et des pétroles, en laissant un résidu charbonneux, qui est le coke. Cette teneur en produits huileux a été le motif déterminant des principales théories qu'il s'agit de détailler.

Enfin diverses transitions, du ligneux plus ou moins altéré, à l'état de houille, ne permettaient pas de méconnaître entièrement son origine organique. Ici ce sont les écorces de certains végétaux encastrés dans les grès qui sont convertis en cette substance, tandis que leur centre est rempli de grès ou même parfaitement silicifié; ailleurs on voit de belles empreintes de feuilles, dont la cassure est non moins résinoïde que celle du combustible lui-même. Enfin il était encore facile de remarquer, dans certains échantillons, l'union la plus

intime de la houille proprement dite avec un *charbon minéral fibreux* et rappelant en tous points les caractères du charbon de bois.

Les diverses observations qui viennent d'être indiquées d'une manière sommaire, ont porté immédiatement les chimistes et les géologues qui se sont occupés de l'origine de la houille à se diviser en plusieurs camps. Chez les uns, l'idée de la formation minérale pure et simple a prévalu; d'autres ont voulu accorder la part principale à la végétation, et, comme de coutume, il s'est établi des théories mixtes; mais ici encore les systèmes se sont compliqués en raison de la tendance plus ou moins chimique des observateurs. Il s'agit donc d'exposer les systèmes de chacun, en faisant en même temps ressortir leur influence sur la localisation des dépôts houillers.

Hypothèses géologico-chimiques.

98. Au premier rang des anciens minéralogistes qui ont soutenu de la manière la plus explicite l'origine minérale du charbon de terre, il faut ranger l'auteur anonyme de la *Description des plus anciens changements du Globe terrestre et de l'origine volcanique des Houilles et du Basalte;* Leipsick, 1796. Dans cet opuscule, la houille est regardée comme une déjection volcanique; il y est de plus posé en principe, qu'avec le temps, les anciens basaltes ainsi que les laves, nommément celles du Vésuve et de l'Etna, se convertiront un jour en cette substance.

99. Patrin abonde jusqu'à un certain point dans le même sens. Il trouve le secret de sa formation dans le retour alternatif de ses assises; la cause qui les a produites était donc périodique ou n'agissait que par intervalles; elle était de plus locale, et non générale, parce que l'alternative des couches n'est point la même partout, ni pour leur nombre, ni pour

leur puissance. Cependant cette même cause, quoique locale, est partout semblable, puisque l'on remarque une identité générale dans la matière ainsi que dans les accessoires.

Or, de tous les agents connus, il n'y a que les volcans qui puissent produire de pareils effets; on ne saurait douter qu'ils n'émettent du bitume : Breislak en a vu au Vésuve, et Flaccourt près des îles volcaniques du Cap-Vert; on en trouve dans les roches volcaniques de l'Auvergne et du Languedoc. Il y a donc lieu de penser que dans les éruptions sous-marines, il s'est produit des éjections considérables de matières bitumineuses, « non point en masses continues, mais en molécules très divisées, comme les particules terreuses qui s'échappaient en même temps et qui ont formé les couches d'argile. »

Ces deux substances, délayées dans les eaux de la mer, ont été poussées par les courants dans les golfes et dans les vallées sous-marines, où il s'est fait un triage conforme aux affinités. Les parties bitumineuses, en se rapprochant mutuellement, ont repoussé les parties terreuses, et celles-ci ont formé le *lit* et le *toit* des couches de houille. En même temps arrivaient des débris végétaux flottants, auxquels se sont fixées les parties bitumineuses, de manière qu'étant devenus plus pesants, ils se sont précipités sur le dépôt, où ils ont laissé leurs empreintes.

Il est évident que si Patrin eût connu les intéressantes observations faites à la Trinité, sur le lac bitumineux de la Brée, par M. Ch. Deville, il aurait pu les accepter pour donner plus de généralité à sa théorie. En effet, ce lac de 4820 mètres de circonférence, est rempli par la matière qui s'écoule incessamment d'une bouche naturelle, établie dans des argiles tertiaires à lignites.

Cette théorie, comme on le voit, est insuffisante pour rendre raison de tous les détails de la question. Elle ne fait d'ailleurs que déplacer la difficulté, car il resterait toujours

à expliquer l'origine de ce bitume, de même que celle de tous les pétroles ou autres corps analogues, qui, étant répandus dans diverses roches sédimentaires et plutoniques, paraissent être liés intimement à leur formation. On ne sera donc pas surpris de voir que déjà depuis longtemps les géologues et les chimistes s'étaient attachés à trouver d'autres solutions du problème.

100. Green et Fourcroi, prenant en considération l'ammoniaque que l'on obtient de la houille, l'ont regardée comme étant plutôt d'origine animale que végétale. Cette indication n'a pas eu grand succès, à cause de la pauvreté de la faune houillère et du peu d'abondance des produits azotés.

Hutton avait, de son côté, déjà remarqué, en 1795, la possibilité de suivre dans des lits contigus les apparences de la structure végétale, conservée dans le *charbon minéral* avec toutes ses dégradations possibles jusqu'à la disparition totale qui constitue la houille. Il supposa donc que les matières organiques animales et végétales, charriées par les rivières et disséminées dans l'Océan, ont dû nécessairement se déposer en forme de lits plus ou moins purs et recouverts de sables et d'argiles. La chaleur est ensuite intervenue, et elle s'est compliquée de la pression, de manière que les huiles ainsi que les bitumes ont été retenus en combinaison avec le carbone, bien que le tout ait été réduit pour ainsi dire à l'état de fusion. Cependant il admet que, dans certains cas, les matières volatiles ont pu se dégager en plus ou moins grande quantité, et de là les anthracites ainsi que les autres variétés de houilles fortement carburées.

Le célèbre Arduino émit une théorie à peu près analogue; enfin Voigt regarde comme vraisemblable que le bitume s'est développé de lui-même dans le bois et sans la participation d'aucun agent extérieur.

Ces principes si simples auraient dû se recommander

d'eux-mêmes à l'attention des chimistes. Cependant ils n'ont modéré en rien la fougue de leurs conceptions, et nous allons voir de singulières aberrations surgir coup sur coup.

101. Kirwan jugea à propos de distinguer le charbon fibreux d'avec la houille, comme étant deux corps d'une origine et d'une formation toutes différentes. La matière bitumineuse, pétroléenne de cette dernière a été, dit-il, renfermée originellement dans les montagnes de granits, de porphyres, d'amphibolites, et même de schistes siliceux. Ces roches primitives s'étant décomposées, le feldspath et l'amphibale se sont changés en argile, et les particules bitumineuses, devenues libres, se sont réunies avec l'argile et surtout avec la matière charbonneuse, pour laquelle elles avaient une plus grande affinité. Cette espèce de combinaison, peu susceptible d'être imprégnée par l'eau et d'une pesanteur spécifique suffisante, a traversé les masses argileuses délayées de manière à former au-dessous d'elles les couches de houille. Sans doute la quantité de roches amphiboliques ou autres qui s'est décomposée pour produire les lits de houille actuellement existants, a dû être énorme; mais Kirwan ne s'arrêtait pas à de pareilles minuties. Il lui a suffi pour trancher la difficulté de déclarer qu'elles contenaient une plus grande portion de pétrole que celles que nous connaissons aujourd'hui; et la preuve de cette vérité, il la trouve précisément dans leur rapide désagrégation; elles eussent résisté davantage sans la surabondance de bitume qui les caractérisait. Quand on saura d'ailleurs que les ressources de Kirwan allaient jusqu'à expliquer la cristallisation des roches, ainsi que celle des filons, par l'intermède d'un certain *fluide chaotique*, dont une très faible quantité a suffi pour maintenir en dissolution toutes les substances minérales, on me dispensera, je l'espère, de discuter avec un si subtil argumentateur.

102. Malgré la justesse de ses vues, Buffon, pour cette fois,

n'a pas eu le bonheur accoutumé de faire jaillir un brillant éclair du fond de sa pensée. N'ayant point saisi ce qu'il y a de simple dans la formation en question, et cependant pénétré de l'idée de l'origine organique du charbon de terre, il en vint à supposer que l'huile ainsi que la graisse des substances végétales et animales ont été converties en bitume par l'action des acides. Cette étonnante proposition, j'ai hâte de le faire remarquer à la décharge de Buffon, n'était qu'une application spéciale du rôle des *minéralisateurs*, si fort à la mode dans l'alchimie, dont la science subissait encore le joug. Elle n'en est pas même complètement débarrassée de nos jours ! Eh bien ! alors on se gênait fort peu pour transformer une *base* ou *matrice* quelconque en un *minéral* par l'intervention d'un *spiritus metallorum*, d'un *esprit subtil*, d'un *alkahest intangible*, d'un *sel*, d'un *phlogistique*, d'un *soufre*, d'un *mercure des philosophes*, d'un *germe métallique*, d'un *vitriol*, d'une *exhalaison sèche ou humide*, d'un *lathon*, d'un *azoth*, ou d'un *brumazar* non moins imaginaire que le reste. Buffon savait d'ailleurs que plusieurs acides ont la propriété de noircir les huiles en leur communiquant un caractère analogue à celui des bitumes liquides ou demi-liquides. D'un autre côté, la présence habituelle des pyrites dans la houille, l'autorisait jusqu'à un certain point à supposer que de leur oxidation avait pu résulter un acide sulfurique capable de produire les effets susmentionnés. En cela donc notre grand naturaliste ne s'écartait pas des notions de son temps.

103. Werner eut également recours à l'A. vitriolique, et Delametherie prit à tâche d'exagérer encore ces premières propositions. Non seulement il acceptait l'intervention des *acides*, et en particulier de l'A. sulfurique, mais encore, en sus de ces agents, il eut recours aux *alcalis*, parce que ces corps peuvent également rendre les huiles solubles, et de plus il ajouta les *terres* à ses principes minéralisateurs. Il en résulte

donc que les huiles ont passé tantôt à l'état de *savons acides*, tantôt à celui de *savons alcalins*, et enfin à celui de *savons terreux*, qui sont les trois constitutions chimiques des houilles. Celles de l'Angleterre, de l'Ecosse, de la Flandre lui paraissent être principalement de la première nature ; ce sont des huiles minérales combinées avec beaucoup d'acide, parce que dans leur combustion il se dégage une grande quantité d'A. sulfureux et qu'elles ne laissent que peu de cendres. Les autres appartiennent à la seconde classe ; elles donnent beaucoup d'alcali volatil à la distillation. Enfin parmi les savons terreux, il range l'anthracite de Saint-Symphorien près de Roanne, dans laquelle Sage a trouvé 1/3 de son poids de cendres.

Delametherie admet d'ailleurs que ses minéralisateurs ont principalement réagi sur l'humus, sur les tourbes, sur les bois fossiles et sur les matières animales. Des forêts simplement renversées ne pourraient former des couches aussi régulières et aussi étendues que le sont celles de la houille. Pour arriver à ce résultat les arbres ont dû être minéralisés. Les tourbes ont pu former des îles flottantes, qui, charriées dans la mer, ont été pareillement reprises en sous-œuvre. Au surplus il ne doute pas qu'il ne se constitue encore de la houille dans le lac de Génésareth ou mer Morte, dont les eaux contiennent une grande quantité de bitume.

104. Faut-il ajouter maintenant qu'un chimiste jouissant d'une certaine célébrité, Hattchet, loin de reculer devant les impossibilités de toutes espèces qui rendent de pareilles opinions plus que problématiques, s'est attaché à les confirmer par quelques raisonnements émis à la suite d'intéressantes recherches sur un schiste bitumineux d'Islande, sur le lignite de Bowey et sur divers autres produits du même genre. Il fait remarquer que ce n'est pas le temps seul qui amène la bituminisation des végétaux, car il existe en Angle-

terre des forêts submergées antérieurement à toute tradition, et dont les arbres conservent cependant tous leurs caractères ligneux. Ce n'est pas davantage l'action calorifique du feu souterrain, car certaines houilles ou lignites bituminisés sont fort éloignés de tout foyer de ce genre. Il est plus probable que la modification des principes végétaux, et surtout de la résine, est un résultat de la voie humide, qui a agi dans certains cas partiellement, ainsi qu'on le voit dans les lignites et dans d'autres cas d'une manière complète, témoin la houille, chez laquelle le caractère minéral est devenu prédominant.

105. Pour en finir avec les détails de ce genre, il me reste à citer une théorie, émise au congrès de Strasbourg, en 1835, par M. Schüler, professeur à Iéna. Ayant observé la présence simultanée du bitume, du lignite et du sel gemme dans divers dépôts de la Hongrie, de la Valachie, de la Bavière, etc., il a pensé que ce même bitume devait provenir de l'action du sel sur la matière végétale des lignites. C'était une exampli-fication du rôle de l'acide sulfurique, et l'on conçoit que M. l'ingénieur des mines, Debilly, n'a pas eu grand'peine à réduire au néant la valeur de ses rapprochements chimico-géologiques. Il lui a suffi de leur opposer le gîte de Lobsann, où l'on exploite simultanément le lignite et le bitume sans que cette localité ait jamais présenté d'indice de sel ; bien plus, à Bechelbrunn le sable bitumineux se trouve seul, sans lignite et sans sel. N'était-ce pas le cas de rappeler simplement cette boutade du géologue Guettard ? « *Mêlez-vous, messieurs les chimistes, de nous faire de bonnes analyses des corps, et laissez-nous prononcer sur la cause de leur manière d'être.* »

Aperçus basés sur la présence du charbon minéral contenu dans la houille.

106. La vue du *charbon minéral*, composant des parties de couches et même des couches entières, a encore conduit les

géologues à des idées d'un autre ordre. Lehmann a supposé que les charbons provenant des bois brûlés çà et là à la surface de la terre ont pu être entraînés et déposés dans le fond des mers, où ils ont été imprégnés d'un bitume ayant une origine minérale.

Cette donnée n'a pas été perdue de vue, et l'on doit à M. Daubrée d'importants détails à son sujet. Ce savant professeur ayant reçu de M. Schimper des échantillons de la substance, provenant d'Altenkirchen dans le pays de Sarrebruck, remarqua qu'elle se compose de fragments offrant deux variétés bien distinctes.

Les uns sont d'un noir pur, à fibres très fines, très friables, de forme irrégulière, à angles vifs ou faiblement arrondis, et se montrent liés par une transition avec la houille ou avec les schistes dans lesquels ils sont empâtés. Un examen microscopique a d'ailleurs permis à M. Schimper de reconnaître, sur les fibres ligneuses, les séries de pores circulaires qui caractérisent la famille des conifères. A la distillation ce charbon minéral ne dégage qu'un peu d'eau acide et empyreumatique, sans perdre en aucune façon sa forme.

La même localité fournit d'autres débris de $0^{m},03$ au plus de coté, également charbonneux, plus denses, plus tenaces que le charbon de bois, mais d'un noir peu foncé. Ces morceaux anguleux sont fortement agglutinés sous la forme d'une brèche très cohérente, et l'on observe entre les fibres de petits grains pyriteux ainsi que des veinules de houille très déliées et à cassure brillante. L'analyse fournit d'ailleurs une eau acide, des traces d'huile brune empyreumatique et surtout une forte proportion de cendres composées de carbonate calcaréo-magnésien, ferrugineux et manganésien, provenant d'une imbibition déterminée par les propriétés absorbantes de cette sorte de matière capillaire.

Ces caractères sont ceux du charbon de bois artificiel, et les substances ne ressemblent en rien à un coke qui aurait pu être produit aux dépens d'une houille ou d'un lignite par l'intrusion d'une roche plutonique au milieu des couches de ces combustibles. M. Daubrée admet en outre qu'elles ne peuvent pas provenir de la décomposition spontanée de certaines tiges végétales très fibreuses, car elles auraient dû prendre les caractères de la houille qui les accompagne. Ces charbons diffèrent également des lignites fibreux de Lobsann, par exemple, dont les détails de la structure ligneuse sont plus reconnaissables, dont la cassure compacte est analogue à celle du lignite, avec lequel ils se lient par une composition chimique identique et par une transition insensible, sans présenter aucun contour arrêté.

De ces données M. Daubrée conclut que l'une et l'autre variétés ne sont autre chose que du charbon de bois, donnant la preuve certaine d'incendies qui auraient carbonisé certains massifs d'arbres des forêts houillères. Il suppose en outre que la foudre, et encore des éruptions de roches ignées ont pu faire naître ces combustions. Enfin il cherche à rattacher à ses charbons d'Altenkirchen, ceux de diverses autres localités de la Bohème, de la Silésie, de la Thuringe, de l'Angleterre, des environs de Valenciennes et de Lalaye dans les Vosges.

107. Cette généralisation a été combattue particulièrement par M. Pomel, membre de la Société géologique de France, qui a fait remarquer que l'existence des charbons fibreux au milieu des houilles les mieux caractérisées est incompatible avec l'idée d'une action ignée, qui aurait agi spécialement sur eux sans agir en même temps sur la houille environnante; d'un autre côté, il faudrait supposer de trop grands embrasements pour la quantité, souvent considérable, des charbons fibreux contenus dans certaines couches. M. Pomel est porté

à croire qu'il faut chercher dans l'organisation de certaines espèces végétales la cause de ce mode particulier de conservation du tissu ligneux. En effet, les charbons en question se distinguent par l'existence constante de fibres ponctuées, appartenant en propre aux conifères, dont le bois, assez dur, serré, résineux, est peu décomposable par macération. Jamais on n'a cité de vaisseaux scalariformes qui sont propres aux lycopodiacées, aux sigillariées, aux calamitées et cycadées, végétaux dont le tissu cellulaire est abondant et lâche, de manière que ces plantes s'altèrent promptement par leur séjour dans l'eau. Or, ces dernières familles, à l'exception des fougères, prédominent dans la flore houillère, tandis que les conifères à l'état de bois pétrifiés ou d'empreintes de rameaux avec leurs feuilles sont rares au moins relativement. Ce sont donc les fougères et les cycadées altérables qui ont formé la houille ordinaire, et les charbons fibreux ne sont que des parties de conifères qui ont échappé à la macération, après avoir été toutefois brisées par un commencement de décomposition.

108. Pour compléter actuellement ces aperçus, je dois entrer dans quelques nouveaux détails au sujet de ce charbon, très insignifiant pour les arts, mais duquel paraît dépendre toute la théorie de la formation de la houille.

Du moment où, au lieu de se borner à envisager une de ses manières d'être, on examine les diverses formes de ses parties ainsi que ses relations avec la houille, on arrive bientôt à voir qu'il n'est pas simplement à l'état de fragments plus ou moins gros, irrégulièrement accumulés çà et là, ainsi que cela est arrivé dans le cas observé par M. Daubrée. On trouvera, par exemple, des échantillons dont la partie supérieure étant à l'état noir fibreux passe vers le bas d'une manière insensible à la houille. Dans d'autres cas, il partage la masse de celle-ci en couches minces, suivies sur d'assez

grandes surfaces, en s'intercalant parallèlement aux feuillets. Quelquefois encore ces lames parallèles sont cloisonnées et laissent percer la houille au travers de leur substance; cependant les fibres ne sont jamais traversées par des fissures de retrait. A Lagiewnick en Silésie, MM. Karsten et de Buch l'ont aussi trouvé accumulé en bancs de $0^m,10$ à $0^m,15$ d'épaisseur. On attribue à sa présence le caractère pulvérulent propre à certaines houilles et qui les fait passer à l'état d'une sorte de suie ou de *russkohle* des Allemands. On en trouve abondamment de telles à Eschweiler, et M. l'ingénieur des mines Clère a reconnu qu'elles doivent, en partie, du moins, être assimilées à ces charbons fibreux.

Sous le point de vue chimique, la composition de ces matières peut varier, et l'on peut consulter à cet égard les observations consignées dans la *Minéralogie et Pétralogie des environs de Lyon, par M. Drian.* Je rappellerai simplement que M. Drian n'a pas pu découvrir l'A. ulmique dans les échantillons de Rive-de-Gier. M. Daubrée y a trouvé quelques parties organiques solubles dans l'eau bouillante. D'après M. Karsten elles seraient presque incombustibles, de manière à constituer une sorte d'anthracite à texture fibreuse. M. Daubrée trouve, au contraire, une combustion très vive dans la variété pure, et très lente dans la variété calcarifère.

109. Aucune réaction ne permettant de distinguer cette substance du charbon ordinaire, on a été porté à admettre qu'elle pouvait provenir d'anciens incendies, et cela peut être vrai à l'égard de quelques morceaux disséminés çà et là dans les houilles. Cependant cette cause ne peut pas être unique, car une production aussi générale exclut les causes accidentelles; il est évident aussi qu'il faudrait pour certains cas admettre une multiplication des incendies tellement prodigieuse, qu'elle en devient tout-à-fait improbable. Enfin on remarquera que le charbon minéral n'est pas seulement un associé

de la véritable houille; il accompagne aussi les lignites-houilles des terrains tertiaires. Au M^te^ Bamboli en Toscane, il existe un de ces combustibles modernes, doué de tous les caractères chimiques de la houille proprement dite. Il fournit un coke bien aggloméré, il brûle avec une flamme qui ne le cède en aucune façon à celle d'un morceau de houille de Rive-de-Gier placé à côté sous une mouffle, et il possède un pouvoir réductif tout aussi considérable que cette dernière, d'après l'essai que j'en ai fait à la litharge. Eh bien, dans ce lignite, on peut compter, de millimètre en millimètre, une lame de substance fibreuse et une lame de partie résinoïde, alternant avec une telle régularité qu'il faudrait supposer des incendies périodiques; et encore comment concevoir que l'amoncellement total des végétaux n'a pas été incendié et inciné par suite d'une de ces déflagrations? Si donc je combine ces détails avec ceux qui ont été énumérés ci-dessus, je suis forcé à admettre, avec M. Pomel, que le charbon minéral est tout simplement un des résultats de la désorganisation végétale, qui a donné naissance à la houille ainsi qu'à certains lignites.

110. Les exemples de la carbonisation spontanée des matières végétales sont d'ailleurs assez fréquents pour que l'on soit autorisé à les invoquer en cas de besoin. En 1835 M. Bidart a fait connaître au congrès de Strasbourg le fait suivant, qui paraît suffisamment convaincant.

En travaillant à niveler les terres rapportées qui environnaient le pied d'une ancienne tour, les ouvriers mirent à découvert, à la profondeur de 2 mètres, plusieurs squelettes humains, circonscrits chacun par une couche de quelques centimètres d'épaisseur, et composée d'une terre noire qui fut reconnue pour être du charbon végétal. Diverses parties de planches, pareillement carbonisées, ont immédiatement démontré que ce charbon végétal était le résultat de la décomposition des cercueils dans lesquels ces corps avaient été

inhumés. Le phénomène de la carbonisation s'était d'ailleurs effectué du centre à la circonférence, car plusieurs pièces n'étaient carbonisées que sur la face interne des cercueils. Enfin on remarqua encore que l'altération était plus avancée là où le sol ambiant se trouvait calcaire que sur les points où il était simplement terreux. Il faut donc admettre que la transformation du ligneux a été facilitée par la nature des substances qui se trouvaient en contact avec lui.

On doit à M. Lassaigne des observations non moins importantes au sujet des altérations que les graines de céréales peuvent éprouver, à l'abri de la lumière et de l'air, sous l'influence de l'humidité. La démolition d'une maison près du quai de la Grève, à Paris, a fait trouver de ces semences enfouies depuis des siècles, et ayant contracté, tout en conservant leur forme, une couleur noire tellement foncée qu'on pouvait les prendre pour des grains charbonnés ; leur friabilité était complète; ils ne contenaient plus ni amidon, ni gluten, mais une grande quantité d'A. ulmique, uni à 0,10 de chaux. On y découvrit de plus une matière brunâtre, insoluble dans l'eau, dans les acides et les alcalis, et formant les 0,07 du poids total. Elle ressemblait par son aspect au résidu que laissent le terreau, la tourbe, certains lignites terreux et même le vieux bois pourri et épuisé de toutes ses parties solubles. En même temps les phosphates terreux, si abondants dans les cendres des froments, avaient été enlevés.

Des produits analogues ont été rencontrés dans quelques anciennes stations romaines, et peut-être faut-il ranger dans la même catégorie les blés que l'on trouve entremêlés avec le lehm près de Clermont en Auvergne, auprès des *Greniers de César*.

111. Sans doute on pourrait objecter que l'A. ulmique des grains de M. Lassaigne indique une carbonisation ou une *deshydrogénation* qui n'est pas à comparer avec la constitution

simple du charbon minéral; mais il serait non moins facile de répondre qu'il ne s'agit en cela que de différences tenant à des états d'altération plus ou moins avancés et qui ont leur représentants dans le cadre géologique. Les tourbes sont riches en A. ulmique, et les lignites en contiennent également. Cependant nous possédons autour de La Tour-du-Pin (Isère) une couche de ce combustible qui s'étale au large dans les conglomérats tertiaires, et où l'on trouve de gros troncs dont le ligneux a bruni en conservant sa texture; au milieu de ceux-ci on rencontre aussi des nœuds d'un caractère bitumineux parfait, en quelque sorte fondus avec la fibre végétale environnante, dans laquelle il se perd par une multitude de diramations. La couche de *terre d'ombre* de Liblar et de Bruhl près de Cologne est encore plus remarquable par l'abondance de ses parties ligneuses amenées à l'état terreux. Elle contient quelques filets bituminisés avec des filets de charbon minéral de la grosseur du doigt, et qui sont inclus dans le centre même de la terre d'ombre, laquelle ne paraît avoir reçu aucune atteinte du feu.

En résumé les substances végétales enfouies peuvent éprouver les effets d'une carbonisation dont le degré est variable, mais qui se traduit, dans les divers cas, par les charbons minéraux, sur lesquels on a insisté jusqu'à présent. Il reste donc à prendre en considération la partie bitumineuse de la houille, dont il n'a été jusqu'à présent question que d'une manière accessoire.

Aperçus basés sur la partie bitumineuse de la houille.

112. La partie bitumineuse des houilles dérive évidemment de la matière végétale. Pour s'en convaincre, il suffit de tenir compte des gradations insensibles qui conduisent de la tourbe, ou de la terre d'ombre, ou du bois fossile, aux lignites, qui sont en partie ligneux, en partie bitumineux, et de ceux-ci à la

houille. A cette hiérarchie on peut ajouter les végétaux noyés dans les grès et dont l'écorce est convertie en houille, l'intérieur étant complètement pétrifié par une silice, au milieu des pores de laquelle reste un charbon qui colore en noir toutes les parties qui n'ont pas été laissées en contact avec l'air, ainsi que cela arrive si fréquemment pour les morceaux qui gisent çà et là à la surface du sol à Autun, à Sainte-Foy-l'Argentière, à Rive-de-Gier, etc., etc. (53). Enfin on peut encore arriver à une conclusion en tout pareille par l'examen microscopique de petites lames très minces de la houille elle-même. M. W. Hutton y a retrouvé les réticulations et les cellulosités du tissu végétal, dans lesquelles il y a tantôt du pétrole, et tantôt de l'hydrogène carboné, plus ou moins comprimé. Dans la houille collante les cavités à huile résineuse sont petites et oblongues; dans la houille schisteuse elles sont rondes ou allongées; dans le cannel-coal on trouve au contraire une division fibreuse. M. W. Hutton a été ainsi conduit à supposer que les diverses houilles ont été produites par des végétaux différents, et ce seraient les stigmaires qui ont le plus contribué à la production du combustible; après celles-ci viendraient les sigillaires, les lépidodendrons, les calamites, les fougères, ainsi que les végétaux dicotylédones.

113. Une pareille conservation, jointe à la présence des principes pétroléens ou de l'hydrogène carboné, tend à démontrer que la houille n'est pas le produit d'une action énergique, comme pourrait être, par exemple, celle d'un acide puissant d'après les vieilles hypothèses, ou plutôt celle d'un coup de feu d'une grande intensité, comme on l'a quelquefois supposé. Pour ma part je prends en considération l'ensemble des relations successivement mentionnées, savoir:

Transition du végétal à la houille indiquée par les divers états plus ou moins bitumineux des lignites;

Conservation, dans une foule de cas, de l'organisation du tissu végétal;

Possibilité de la formation du charbon minéral à une température ordinaire;

Pétrifications siliceuses très fréquentes d'un tronc, tandis que son écorce se transforme en houille ;

Absence de traces, un tant soit peu prononcées, de métamorphisme dans la grande majorité des roches houillères;

Simplicité générale des roches de la formation houillère;

Et j'arrive à me ranger de l'avis des chimistes, tels que MM. Liebig, Parrot, Gœppert, qui admettent que la matière houillère s'est effectuée en vertu d'une décomposition des substances végétales, particulière et différant par ses conditions accessoires de celles qui produisent la tourbe et le terreau. J'ajoute de plus qu'elle a suivi son cours sans l'intervention d'une haute température; que la présence de l'humidité a pu être nécessaire comme dans les fermentations en général, mais son excès n'est pas indispensable; que la pression a joué un rôle capital dans l'opération en maintenant en place certains produits, qui, sans elle, se seraient gazéifiés et disséminés dans l'atmosphère, de manière qu'il ne serait en définitive rien resté de la matière végétale, si facilement destructible par les agents atmosphériqeus; enfin que rien n'oblige à admettre avec Hutton et Parrot les profondeurs océaniques pour l'expliquer, la simple charge des couches d'argile et de grès étant suffisante pour produire les mêmes résultats.

114. Ces considérations m'avaient amené, en 1835, à fabriquer artificiellement, si non de la houille, du moins quelque chose d'approchant, en déterminant entre les molécules du ligneux une réaction du genre de celles que je supposais avoir dû se produire dans la nature. Tout se réduisait-il à enfermer un morceau de bois dans un tube hermétiquement scellé? Mais on

conçoit qu'en procédant ainsi, l'opération n'aurait point eu de terme; il fallait mettre les principes organiques en mouvement, ainsi que cela a lieu dans les fermentations des masses; et, pour remplacer le mouvement intestin qu'il m'était impossible d'obtenir à froid, j'ai eu recours à la chaleur. Malheureusement mon tube, qui était en fer, fut troué par quelque pyrite contenue dans le coke dont je m'étais servi pour le chauffer, de façon que mon essai se trouva manqué. Vers cette époque, M. Cagniard de la Tour vint visiter les usines et les mines de Chessy, dont il était un des actionnaires, et je lui fis part de mes idées, qu'il s'empressa de mettre à exécution à Paris, à l'aide des tubes de verre dont le maniement lui était familier. Il obtint ainsi une fusion du bois, dont il résulta un bitume accompagné d'une certaine quantité de gaz. Après cette réussite, basée sur mes indications, mais dans laquelle je fus passé sous silence, il n'y avait plus lieu à continuer mes expériences; cependant je remis à mon collègue et ami, M. Bineau, un autre de mes tubes en fer, et celui-ci ayant également donné lieu à une fuite, il se trouva que le résultat de la caléfaction fut un charbon offrant les boursoufflures d'un coke; c'est assez dire qu'il avait subi la fusion, tandis que le bois chauffé sans pression donne un charbon infusible. Ainsi donc ce dernier résultat vient parfaitement à l'appui de mon autre expérience, exécutée par les soins de M. Cagniard de la Tour.

115. Les analyses de M. Régnault, faites sur diverses houilles, étant de nature à conduire à quelques conclusions géologiques, je vais en rapporter ici les principaux résultats :

	CARBONE.	HYDROGÈNE.	OXYGÈNE ET AZOTE.	COKE.
Anthracite	93,84	3,43	2,73	résidu intact.
Houille grasse et dure	90,53	5,05	4,42	boursoufflé.
Houille grasse et maréchale	89,56	4,63	5,86	très boursoufflé.
Houille grasse à longue flamme	85,93	5,55	8,50	boursoufflé.

Si, pour comparer ces houilles entre elles, on part de la houille grasse à longue flamme, pour remonter à l'anthracite,

on voit que l'hydrogène restant sensiblement constant, l'oxygène et l'azote diminuent d'une manière notable, pour céder la place au carbone. Ainsi donc les qualités des houilles dépendent de trois éléments variables, dans lesquels une prédominance du carbone produit une houille grasse et dure, tandis qu'une augmentation dans la dose de l'hydrogène conduit à une houille à longue flamme. Enfin, l'anthracite, qui se distingue par de moindres quantités d'éléments gazeux, contient cependant encore une trop forte proportion d'hydrogène, eu égard à la légèreté du poids atomique de la substance, pour qu'on puisse l'assimiler à du carbone, ainsi qu'on le fait d'habitude dans les traités de chimie. En cela la nature présente tous les passages possibles entre ces diverses qualités de charbon, et il est tel anthracite qui est très voisin de la houille dure, de même qu'il est impossible de préciser exactement le point où il faut arrêter la houille maréchale et la houille grasse à longue flamme.

116. Sans doute quelques-unes de ces différences peuvent dépendre des végétaux dont l'altération a produit la houille, mais ce serait à tort que l'on voudrait regarder les circonstances locales comme ayant été sans influence. Sous ce point de vue, les géologues ont une propension marquée à vouloir faire intervenir la chaleur dans la formation des anthracites, et ils se basent sur leur gisement assez habituel dans les parties inférieures des terrains carbonacés. Là, les amoncèlements végétaux dont ces combustibles proviennent ont pu subir l'influence d'une température plus élevée que les couches supérieures soumises, d'une manière moins immédiate aux causes calorifiques, et sous ce point de vue l'anthracite serait un état métamorphique de la houille.

Rien n'empêche d'admettre cette explication pour le cas où elle serait appuyée par les caractères d'association que peuvent fournir les roches plutoniques ou plutonisées, ainsi

que cela a lieu dans les Alpes, d'après les faits que j'ai pu signaler dans ma *Coupe de Martigny, (Annales de la Société d'Agriculture de Lyon, 1846).* Mais ces roches ne se présentent point toujours là où il y a de l'anthracite. Le combustible, éminemment anthraciteux, de Ternay et de Communay (Isère), gît au milieu des grès houillers les plus intacts, et ceux-ci reposent à leur tour sur des micaschistes et gneuss, auxquels une origine d'une antiquité primordiale ne permet certainement pas de supposer les velléités d'un reste de chaleur. On remarquera de plus que les relations sont ici les mêmes qu'à Rive-de-Gier, où cependant la houille est collante; enfin les parties découvertes à Chamagnieu sont dans le même cas, si bien qu'il serait très difficile de trouver une solide raison à mettre à l'appui de l'action ignée que l'on voudrait supposer avoir agi autour de Ternay. Les relations sont encore plus singulières au Creusot, dont la veine supérieure passe à l'état d'anthracite dans la partie occidentale du système. Je n'abuserai pas davantage pour ce point de l'influence des causes métamorphisantes générales, et quant aux effets locaux, tels que peuvent les produire quelques filons éruptifs, on sait assez qu'ils ne sont pas de nature à produire des anthracites, mais du graphite ou du coke, et d'ailleurs il n'en existe aucun dans les mines du Creusot.

Pour conclure, je dirai donc que l'ensemble des détails chimiques et géologiques me porte à considérer l'anthracite comme n'étant le plus souvent qu'une houille plus appauvrie en hydrogène, en oxygène et en azote que les autres, en vertu des conditions dans lesquelles se sont trouvés les végétaux générateurs au moment de leur fermentation ou altération bitumineuse. Un simple état de porosité des masses superposées, ou en d'autres termes, une cause quelconque de diminution dans la pression, a suffi, par exemple, pour permettre l'écoulement successif des gaz produits, de façon qu'au

lieu d'un combustible fusible et plus ou moins flambant, il n'est resté qu'un charbon brûlant obscurément, mais par cela même d'autant plus énergique, car il exerce sa puissance calorifique dans un espace plus restreint que les gaz. Enfin, pour compléter ces indications, on peut ajouter que les éléments volatils, maintenus de manière à constituer les produits résinoïdes de la houille, ont dû, dans certaines circonstances, rester enchevêtrés au milieu des cellules végétales et donner naissance aux houilles ou aux anthracites homogènes; dans d'autres cas ils se sont isolés d'une manière plus ou moins nette, en formant les mélanges mécaniques représentés par les interpositions de la vraie houille et du charbon minéral. Ces sortes de ségrégations ne sont en somme pas plus difficiles à concevoir que celles qui, pour des masses d'une autre nature, donnent naissance aux petits filons, aux veinules ou aux rognons de silex, de gypse, de pyrite et d'une foule de minerais divers, encaissés dans les roches tant plutoniques que sédimentaires.

Aperçus relatifs aux conditions de la végétation houillère.

117. Quelques réflexions auront bientôt fait comprendre combien les indications chimiques seraient insuffisantes pour donner une idée exacte de la formation de la houille si elles n'étaient appuyées de quelques détails relatifs à l'amoncèlement préalable des matières végétales. Il s'agit donc de traiter cette nouvelle question; et pour plus de sûreté, il convient d'éliminer immédiatement une cause d'erreur qui pourrait survenir dans les évaluations relatives au volume de ces dépôts. En conséquence je rappellerai que l'on a déjà vu (40, 42, etc.) de quelle manière l'irrégularité du lit sur lequel sont venus s'entasser les matériaux peut faire varier les épaisseurs d'une couche houillère. Cependant cette configuration bosselée n'est pas suffisante pour rendre raison de tous les

cas possibles, et l'on serait particulièrement porté à se livrer à d'énormes exagérations s'il était question, par exemple, d'amas du genre de ceux d'Aubin, de Bezenet, des Brosses, du Creusot, dont la puissance varie de 30 à 60^{m}.

118. Or, tout bien considéré, ces *boules de houille*, pour me servir d'une expression familière aux mineurs, ne peuvent pas être invoquées en qualité de faits de nature à être mis en avant parmi les problèmes à résoudre pour arriver à expliquer les causes génératrices de la houille. En effet, il ne faut pas perdre de vue que la matière houillère a été molle et compressible pendant une certaine phase de ses évolutions: on en a eu la preuve dans les filons de combustible qui traversent les bancs de grès (97). Cette ductilité devant donc être forcément admise, on conçoit aussitôt que dans certains cas la substance visqueuse, se trouvant trop comprimée sur quelques points de son étendue, soit par une surcharge inégale des sables et des argiles, soit par un froissement des couches, a pu être refoulée dans une autre place, où elle a pris une forme lenticulaire en même temps qu'une puissance proportionnée à la quantité de matière déplacée. Cela est même si vrai, que souvent ces *renflements* succèdent à des *crains* ou *étranglements*, qui, pour Rive-de-Gier, par exemple, doivent, d'après les études de M. Drian, leur origine aux glissements généraux du terrain, (*Min. et Pétral. des environs de Lyon*); et ceux-ci sont eux-mêmes liés avec les replis déjà mentionnés (35). Dès-lors il est évident que si des portions de couches ont été laminées au point de se trouver réduites à l'état de simples pellicules, leur substance a dû amplifier d'autant les parties auxquelles elle a pu s'ajouter plus loin, et l'on aurait parfaitement tort de baser sur des données de cette nature des calculs relatifs à la quantité des végétaux nécessaires pour produire les couches charbonneuses.

En général on peut considérer une assise normale de

1^{m},0 de puissance comme possédant déjà une fort belle dimension, et celles qui atteignent 10^{m},0 environ sont d'ordinaire subdivisées par des *barres* de grès ou de schistes, qui en réalité en font plusieurs couches distinctes et par conséquent des formations de dates différentes.

119. Malgré ces réductions, la quantité des végétaux nécessaires pour produire un de ces bancs est vraiment effrayante. M. Elie de Beaumont, partant des analyses de M. Régnault et de la pesanteur spécifique de la houille comparée à celle du bois, trouve que si une couche ligneuse, sans interstices, était convertie en houille, sans perte de carbone, elle se réduirait dans le rapport 1^{m},0 à 0^{m},228. En calculant en outre que la matière d'un hectare de forêt, étalée sur son propre sol, donne une couche de bois, sans interstices, de 0^{m},008486 d'épaisseur, il arrive à conclure que celle-ci ne produirait qu'une lame de houille de 0^{m},001935, ou environ 2 millimètres d'épaisseur. Enfin la surface des terrains houillers reconnus en France, formant 1/214 de la superficie totale du territoire, il s'ensuit qu'une futaie de la plus belle venue possible, qui couvrirait la France entière, serait loin de contenir autant de carbone qu'une couche de houille de 2^{m},0 d'épaisseur, étendue dans les seules parties houillères connues. Sans doute il n'est question en cela que d'approximations, mais elles suffisent pour peser d'une manière énergique sur les manières d'envisager l'accumulation végétale dont la houille est le résultat. On voit, en effet, que si l'on voulait partir de la végétation forestière, il s'agirait de compter par millions d'années pour donner naissance aux couches de l'ensemble de nos gîtes. Cependant on ne perdra pas de vue que les géologues sont, jusqu'à un certain point, libres de disposer du temps, et que de plus la nature ancienne avait une puissance d'action dont elle s'est dessaisie de nos jours en faveur d'autres créations.

120. En se livrant aux recherches sur les phénomènes des

temps actuels ou passés qui sont de nature à jeter quelque jour sur l'origine des masses de combustible, on arrive bientôt à conclure qu'une température chaude doit avoir été la partie essentielle du régime atmosphérique de l'époque carbonifère. Les végétaux conservés à l'état fossile ont pour analogues vivants diverses plantes des contrées chaudes et humides de la zone intertropicale. Ils se composent principalement de cryptogames vasculaires et de phanérogames monocotylédones, tels que les fougères arborescentes, les lycopodiacées gigantesques, les équisétacées, les sigillariées, les nœggerathiées, les cycadées, les astérophyllites, plus de conifères. D'ailleurs les observations microscopiques, faites sur les bois houillers de Newcastle, comparativement avec ceux du lias de Whitby, portent à faire admettre que, du temps de la croissance des premiers, il n'y avait encore aucune distinction en saisons, tandis qu'à l'époque liasique l'hiver ainsi que l'été devaient déjà être marqués par des différences thermométriques sensibles. Cette température était de plus très générale à la surface du globe, car les mêmes empreintes se rencontrent à l'île Melville, où les nuits durent deux mois avec les froids les plus rigoureux, et à la Côte-Rocheuse en Amérique, qui passe sous le 55e degré de latitude nord.

121. En poussant les déductions plus loin, on posera naturellement en principe que l'évaporation activée par une chaleur tropicale devait maintenir l'air dans un état extrêmement favorable à la végétation, tout en modifiant les conditions de sa diathermanéité, ainsi que le conjecture M. Elie de Beaumont. Bien plus, M. Brongniard a eu l'heureuse idée de compléter ces indications en ajoutant celle de la présence probable d'une plus grande quantité d'A. carbonique. Cet autre aliment aérien des plantes leur a cédé le carbone, qu'elles ont emmaganisé au grand avantage de notre industrie. A cet égard quelques calculs de M. Rogers conduisent à faire ad-

mettre que la masse de ce carbone, soustraite à l'ancienne atmosphère pour produire la totalité de la houille que l'on peut supposer exister dans l'écorce terrestre, s'élève à environ 5,000,000,000,000 tonnes. La quantité de ce même élément qui est contenue dans l'atmosphère actuelle, ne formant qu'un total correspondant à 850,000,000,000 tonnes de houille, on voit que notre enveloppe aérienne fournirait seulement la sixième partie du carbone qu'elle prodiguait dans les temps passés. On conçoit après cela et les lycopodiacées arborescentes et les équisétacées gigantesques de la flore houillère. Enfin, en se livrant à des considérations d'un autre ordre, déduites des phénomènes chimico-géologiques, au sujet de l'absorption des gaz par la masse terrestre en fusion, on arrive à comprendre que cette masse d'A. carbonique a pu se dégager en grande partie du sein de la terre, de même qu'elle se dégage encore de nos jours par les volcans et par les sources acidules, à cette seule différence près que les émanations ont dû être infiniment plus abondantes dans les premiers temps de la cristallisation des silicates rocheux qu'elles ne le sont actuellement. (*Géolog. de d'Aubuisson*, 2ᵉ édition, tome III, page 276.)

Aperçus concernant l'accumulation végétale.

122. Après avoir mis en évidence les causes qui ont fait naître une abondante production de carbone par l'intermédiaire du règne végétal, il convient encore de poser une explication acceptable au sujet de ses accumulations effectuées dans les gîtes houillers. A cet égard on n'oubliera pas que ceux-ci se composent non seulement d'assises d'une certaine régularité et souvent d'une extrême pureté, mais encore de couches récurrentes, alternant quelquefois au nombre de 50 ou 60 avec autant d'amoncèlements de cailloux, de sables et d'argiles, formant ensemble des épaisseurs qui peuvent dépasser 600 mètres.

Il faut également ne pas perdre de vue que ces assises ont quelquefois une énorme extension. Dans le Northumberland, par exemple, où la houille est représentée par 40 lits exploitables, les deux plus puissants s'étendent sans interruption, d'après M. Wil. Hutton, l'un sur plus de 80 milles carrés, et l'autre sur 200 milles carrés, et il y en a beaucoup d'autres qui, malgré leur faible puissance, occupent pareillement des espaces considérables.

123. A cet égard les hypothèses n'ont pas plus fait défaut qu'elles n'ont manqué à l'occasion de quelques-uns des problèmes précédents. En cherchant à les coordonner, on remarque bientôt qu'elles font intervenir les causes les plus variées, telles que la végétation forestière, ou tourbeuse terrestre, ou marécageuse, ou marine, la décomposition sur place, l'enfouissement par les oscillations du sol, l'accumulation par les cours d'eau ou par le mouvement des mers; enfin on a cru devoir compléter le tout par le rôle des affinités, en admettant que les matières pierreuses et charbonneuses, suspendues d'abord pêle-mêle au sein du liquide convectif, se sont séparées selon les attractions réciproques des parties similaires, se donnant en quelque sorte le mot pour former des dépôts successifs de deux ordres différents. Comme de coutume, il s'agit d'effectuer le triage de ces idées, de manière à conserver celles qui satisfont le mieux aux diverses conditions de la nature, et pour débuter, je vais immédiatement faire ressortir deux faits capitaux qui résultent de l'examen attentif des troncs d'arbres enfouis au milieu des sédiments en question.

124. Il est actuellement hors de doute que, malgré les révolutions diverses qui ont agité la surface du globe, les plantes houillères se sont quelquefois maintenues dans la place où elles ont végété. A Derwent, à Killingworth et à Newcastle, MM. Wood et Witham ont trouvé quelques tiges debout. Dans

l'une de ces localités, cinq d'entre elles, appartenant à des lépidodendrons, calamites, fougères, placées à peu de distance les unes des autres, montraient leurs racines s'enfonçant dans une couche de houille, tandis que leur tronc s'élevait au milieu d'une couche de grès superposé, pour s'arrêter dans une seconde couche de houille placée plus haut. Une autre station a offert une assise de schistes bitumineux, dans laquelle des calamites implantaient également leurs racines. A chacune des articulations de ces végétaux, naissaient de petits rameaux étalés dans les couches de grès et d'argile schisteuse; enfin ils se terminaient également vers le haut dans un banc de houille.

Ces faits sont concluants en faveur d'une végétation locale, et je me plais à regarder comme étant sans valeur l'objection que ces arbres ne pouvaient évidemment pas croître, tandis qu'ils s'enfouissaient graduellement au milieu des sables et autres masses ambiantes; car rien n'empêche de concevoir qu'ils avaient acquis leur degré de croissance au moment où les remblais sont venus les envelopper.

125. Cependant l'on remarquera aussi que les arbres verticaux sont le plus souvent tronqués, et que de plus ils gisent au milieu de troncs inclinés dans tous les sens, ou même couchés horizontalement. C'est ce que l'on a pu vérifier notamment dans la carrière du Treuil à Saint-Etienne. A l'époque où cette localité fut visitée par M. Al. Brongniard, elle présentait l'aspect d'une forêt fossile de bambous et d'équisetums pétrifiés sur place; mais ce n'était qu'un accident du moment, car la suite de l'exploitation n'a pas tardé à mettre en évidence d'autres troncs, encore plus nombreux et confusément rangés dans le grès.

Ceux-ci donc ne se trouvent pas dans le cas de la végétation de Newcastle, et tout autorise à croire qu'ils ont été charriés sur leur place actuelle de même que les sables qui

se sont amoncelés autour d'eux. Il existe d'ailleurs une cause qui détermine un arbre flottant à se placer dans une position verticale ; c'est le poids des racines, dont la fibre possède une plus grande densité que celle du tronc ; et ce poids se trouve souvent aggravé par des terres et des pierres qu'elles emprisonnent entre leurs ramifications, de manière à les emporter avec elles. On sait qu'en vertu de ce surcroît de pesanteur le lit du Mississipi est spécialement rempli d'une énorme quantité de *chicots* submergés, qui, par leur abondance, constituent les chances les plus terribles de la navigation de ce fleuve. Un bâtiment qui heurte contre ces épieux en arrêt est immédiatement éventré et coulé à fond s'il n'a pas été muni d'un avant-corps capable de le faire surnager; encore a-t-il fallu extirper à grands frais des milliers de ces troncs pour diminuer le nombre des accidents.

Ces faits autorisent à conclure que la végétation houillère peut avoir été locale, tout comme elle a pu se développer à distance des points où l'on en trouve les débris. De là dérive naturellement une cause d'incertitude qui oblige à chercher dans d'autres détails des données de nature à établir une théorie définitive; et pour éviter toute confusion, nous suivrons d'abord les données relatives au déplacement et au charriage des matériaux houillers.

126. Une première idée fort singulière consiste à supposer que la mer, située au-dessus d'un terrain charbonneux, éprouvait des oscillations, en vertu desquelles elle se transportait alternativement vers deux points opposés. En arrivant à l'un, elle rencontrait des particules combustibles dont elle s'emparait, et qu'à son retour elle déposait sur le fond. Se portant de là vers l'autre point, elle enlevait des débris pierreux qu'elle laissait précipiter sur la houille en repassant à son zénith, et ainsi de suite, de manière à produire enfin tout l'échafaudage d'un système houiller. Les complications d'un pareil

ordre de choses sont trop faciles à concevoir pour mériter une plus ample discussion. Je passerai donc à un autre aperçu également ancien.

127. Des parties continentales plus ou moins étendues ont été quelquefois envahies par la mer; on peut citer à cet égard le déluge kymrique, les diverses inondations de la Hollande, l'irruption de la mer sur les côtes de l'Angleterre voisines de l'embouchure de l'Humber. Ces faits, disait-on, permettent d'admettre que, dans ces invasions, les forêts qui se sont trouvées sur le passage du flot ont été emportées sur les collines, où elles ont été ensuite recouvertes des dépôts divers qui forment les roches houillères. On comprendra qu'une cause aussi violente ne pourrait former que des amas irréguliers, et non des couches étendues avec la ténuité que possèdent quelques-unes de celles de la houille. Cette impossibilité a porté les partisans du charriage à chercher d'autres données parmi les phénomènes de la géographie physique.

128. Le Mississipi, qui traverse les forêts vierges du Nord-Amérique, déracine et entraîne d'énormes quantités d'arbres, qu'il dépose dans son lit, et surtout vers ses embouchures, où ils sont arrêtés par les îles, par les hauts fonds, par les chicots ou par d'autres obstacles. Il en résulte des amas de bois entrelacés, de plusieurs mètres d'épaisseur, et couvrant des centaines de lieues carrées. Cimentés et recouverts par le limon, ils constituent de véritables plages, que l'on regarde comme capables d'expliquer le dépôt de certaines couches de lignite.

Quelques-uns de ces amoncèlements ont donné naissance à des espèces de ponts naturels, couvrant toute la largeur du courant. Celui de l'Atchafalaya, bras du Mississipi, a formé, au bout de cinquante-deux ans, un radeau de trois lieues et demie de long sur 220 mètres de large et $2^{m},45$ d'épais-

seur. Le Washita en a présenté un pareil qui a interrompu la navigation sur une étendue de dix-sept lieues. Ces masses, qui s'élevaient et s'abaissaient au gré des crues, supportaient une magnifique végétation de fleurs et d'arbustes. Dans le lac de l'Esclave, ces accumulations créent des îles qui dépassent le niveau de l'eau et sur lesquelles la végétation s'établit pareillement. Cependant la décomposition s'empare de ces troncs, qu'elle convertit en une substance semblable à une tourbe qui conserverait des indices de la structure fibreuse du bois. Quelques lits de sable et d'argile alternent avec le produit de cette altération, et ce qu'il y a de plus remarquable, ajoute M. Richardson, c'est la régularité de la courbe que forment les couches par suite de l'inégalité de leur affaissement. D'ailleurs tout porte à croire que le lac sera un jour comblé par les matériaux amenés chaque jour par la rivière.

Ces faits ou d'autres analogues ont conduit divers géologues, notamment MM. Sternberg, Boué, Constant-Prevost, à admettre de grands continents, garnis de montagnes, munis de cours d'eau et en butte à toutes les causes de dégradation capables de produire une forte quantité de matières détritiques. Celles-ci, amenées dans les bassins, dans les golfes par les fleuves, durant leurs grandes crues, ont formé les roches houillères, tandis qu'à d'autres époques le ralentissement dans l'impulsion des eaux laissait déposer les débris des végétaux terrestres.

129. On peut sans doute arriver ainsi à comprendre une partie des phénomènes houillers; cependant diverses objections ne tardent pas à se présenter. En effet, les charriages de ce genre, acceptables pour des dépôts circonscrits, ne le sont plus quand il s'agit de l'immense étendue de certains gîtes houillers. Ceux-ci ayant été évidemment étalés dans des espaces maritimes, il importe aussi de tenir compte du jeu

des vagues le long de la côte. Or, il résulte des aperçus de M. Elie de Beaumont, sur la formation des cordons littoraux, que les progrès des alluvions fluviatiles se trouvent modifiés du moment où, anticipant au-delà des rivages, elles s'avancent dans des eaux plus profondes. Alors la mer reprenant son empire, arrête une partie des matières qui tendent à se répandre dans son sein. Une petite quantité gagne le large et s'étale en forme de couches; le reste, grâce à sa puissance de flottaison, s'éparpille, s'il n'est pas entraîné au loin par les courants; mais la masse principale, pressée vers la terre, s'aligne en chaussée, dont la forme n'a aucun rapport avec la disposition des couches.

L'hypothèse pure et simple du charriage ne permet d'ailleurs pas de comprendre la régularité avec laquelle les accumulations de plantes ont dû s'effectuer pour produire ensuite des couches de charbon, si exactement stratifiées, qu'elles ne présentent que des différences insignifiantes dans leur puissance sur des surfaces de plusieurs kilomètres carrés.

Dans certains cas, il est vrai, les arbres accumulés dans les grès houillers sont tronqués, épaufrés et inclinés dans tous les sens; leurs feuilles ont été lacérées au point de devenir méconnaissables; mais si toutes avaient divagué de la même manière, il serait impossible que leurs parties les plus délicates se fussent conservées dans l'état d'intégrité avec lequel on les rencontre si fréquemment au toit des galeries.

Les calculs de M. Elie de Beaumont (119), en faisant voir qu'une couche de houille de $1^{m},0$ d'épaisseur devrait être le résultat d'une accumulation de $8^{m},76$ de bois, et qu'une futaie qui occuperait la surface entière de la France ne fournirait qu'une couche de $2^{m},0$ de combustible, étalée sur la superficie visible de nos divers bassins, ont aussi contribué à rendre plus improbable la formation de la houille par le charriage des végétaux.

On s'est encore attaché à objecter la quantité de limons et de sables qui doivent se mélanger aux convois d'arbres. Il est de fait qu'aux embouchures du Mississipi ceux-ci sont noyés dans la vase, et en prenant ces indications pour base, on arrive à admettre l'impossibilité d'une houille suffisamment pure pour être exploitable. Je dois cependant faire remarquer dès à présent qu'il peut y avoir quelque chose d'exagéré dans une pareille conclusion. Les radeaux flottants du lac de l'Esclave, ainsi que les ponts des bras du Mississipi (128), paraissent loin d'être souillés au même dégré que les accumulations du delta de ce fleuve. Si d'ailleurs il était nécessaire de chercher des exemples de pureté dans des dépôts plus anciens, je les prendrais dans les gisements de la *terre d'ombre* des environs de Liblar et de Bruhl près de Cologne, au sujet desquels j'ai déjà donné quelques détails (111). M. Faujas les dépeint dans le *Journal des Mines* (t. VI), comme formant des couches très étendues, dont l'épaisseur inconnue dépasse au moins $13^{m},0$, et qui ne sont, pour ainsi dire, composées que de parties ligneuses altérées. Cette matière n'est pas de la tourbe, mais un véritable détritus de bois. On y trouve des arbres, les uns debout, les autres inclinés ou couchés dans tous les sens; quelques troncs ont jusqu'à $0^{m},65$ de diamètre sur $4^{m},0$ à $5^{m},0$ de longueur; ils sont sans branches ni racines, et beaucoup d'éclats, à peine dénaturés, accompagnés de quelques fruits de palmiers, sont noyés au milieu des parties devenues complètement friables. Enfin cet ensemble est recouvert par une épaisse couche de cailloux quarzeux, parmi lesquels il en est quelquefois de très gros; sur certains points seulement, une mince assise de sable quarzeux ou de petites lames d'argile grise ou blanchâtre, précèdent quelquefois la terre d'ombre en interrompant les premiers lits; tout le reste est d'une extrême pureté.

M. Faujas ne voit dans ces amoncèlements autre chose que des effets occasionnés par de grands courants marins; car, dit-il, quel est le fleuve actuel qui ait une profondeur telle que l'est celle qu'occupent ces bancs de bois et de cailloux roulés? On serait donc autorisé à admettre un mode analogue de formation pour la houille, si ce n'était l'ensemble des autres circonstances susmentionnées, parmi lesquelles il faut rappeler entre autres l'état d'intégrité des arbres en place, ainsi que celui des feuilles incluses dans les schistes houillers (30).

130. A côté de l'hypothèse du charriage des bois, il faut en placer une autre qui est non moins ancienne; elle consistait primitivement à admettre que de grandes forêts composées de bois résineux ont été enfouies par suite des mouvements de la surface du sol. Cette idée fondamentale s'est d'ailleurs modifiée de diverses manières, et parmi les propositions les plus élémentaires, celle du rôle des forêts vierges vient se placer en première ligne. Aux grandes masses, il faut des masses proportionnées; et où les trouver, si ce n'est dans des végétations, qui, se succédant d'âge en âge, ont couvert le sol d'une épaisse couche de leurs débris? Sous les sombres arcades formées par le feuillage des arbres séculaires, gisent de grosses branches, d'énormes troncs renversés par la vétusté, et dont s'emparent les champignons ligniperdes. Des lits de feuilles, de ramilles, auxquels s'ajoutent continuellement de nouvelles couches, se tassent autour de ces abattis. Des mousses les recouvrent d'un tapis serré, que percent les frondes élégantes des fougères, les capricieux orchis et les gerbes de quelques plantes herbacées. Sous ces abris, se conserve une humidité essentiellement favorable, soit à la carie du ligneux des parties mortes, soit au rapide accroissement des parasites, et de tout ce travail combiné des agents aériens, ainsi que des végétaux destructeurs, résulte enfin un détritus

épais, représenté par un terreau noir, à peu près complètement exempt de tout mélange étranger. Ces phénomènes, dont j'ai encore pu voir des exemples dans quelques recoins des antiques forêts de la Bavière rhénane, sont bien autrement expressifs en Amérique qu'en Europe; ils ont frappé M. d'Orbigny au point de l'amener à émettre sa théorie de la formation des gîtes houillers du plateau central de la France par des dépôts purement terrestres (6). En cela il se base sur la profusion extraordinaire des fougères et des cycadées sur les pays montueux ou accidentés, tandis qu'il ne les a jamais observées dans les marais ou dans les plaines chaudes et humides. Il accorde de plus une grande importance aux végétaux trouvés debout avec leurs racines dans quelques houillères; ceux-ci donnent la preuve, non seulement qu'ils sont sur la place où ils ont vécu, mais encore qu'ils ont végété dans les mêmes résidus humatiles où l'on voit actuellement vivre les grandes fougères des régions intertropicales. Les couches où leurs racines sont implantées sont les points terrestres de l'étage carboniférien, sur lesquels, avec le concours du temps et de la pression, les détritus ont formé les couches de houille. Les oscillations du sol ont aussi fait affaisser brusquement les couches avec leurs arbres encore verticaux, et les sédiments marins, recouvrant ensuite ces dépôts, ont conservé à la fois les végétaux et le terreau. De plus amples développements au sujet des vues du célèbre paléontologiste à cet égard, se trouvent d'ailleurs parmi ses autres arrangements, dans lesquels il admet partout une succession de dépôts terrestres et marins superposés pour la Vendée, la Sarthe, le Pas-de-Calais, le Nord, la Prusse rhénane, la Belgique et l'Angleterre; tandis qu'ailleurs il voit des dépôts marins seulement, lesquels, ne se composant que de calcaires carbonifères, se forment naturellement une opposition avec les gîtes de la France centrale, où ces mêmes calcaires sont supposés faire défaut.

On aura sans doute déjà compris qu'il n'y a rien de purement terrestre dans la constitution de ces divers dépôts, puisque, pour les uns comme pour les autres, la présence des grès ainsi que des argiles schisteuses oblige également à recourir à des immersions et à des sédimentations subséquentes ; dès-lors on ne voit pas clairement en quoi les gîtes de la France centrale peuvent différer de ceux des autres pays au point de motiver une explication aussi exceptionnelle.

151. D'autres savants, parmi lesquels il faut citer M. A. Brongniard, ont ramené la question à des termes plus naturels, en partant de la considération des îles situées sous la zone torride, dont le climat humide et chaud est essentiellement favorable au développement des fougères ainsi que des autres cryptogames. Des îles de ce genre, basses, dispersées çà et là en forme d'archipels, existaient peut-être à l'époque houillère, et il est permis de supposer qu'elles ont éprouvé des oscillations en vertu desquelles la végétation a été submergée. Alors les eaux séjournant à leur surface y ont laissé précipiter les matières pierreuses ou argileuses qui ont recouvert les détritus organiques ; puis une émersion subséquente exhaussant de nouveau ces îles au-dessus du niveau de la mer, a permis l'implantation d'une nouvelle verdure, et l'édifice houiller a été ainsi continué par une alternative d'affaissements et de surélévations.

Il est de fait que le sol qui a supporté des forêts littorales fut quelquefois abaissé en vertu de mouvements de ce genre. Quand il en est résulté une submersion totale au-dessous du niveau des hautes mers, il arrive que l'on peut visiter, pendant la marée basse, ces forêts devenues *sous-marines*. Dans d'autres cas, une partie a été émergée de manière que depuis le bord de la mer on les suit à de grandes distances dans l'intérieur du pays. Celles de la côte du Lincolnshire, du Yorkshire, du golfe de Tay, de la baie de Largo, etc., ont

permis de voir avec des racines en place une quantité considérable de troncs abattus. En somme, elles présentent l'apparence d'un composé de racines, de troncs, de branches, de feuilles, de fruits, de graines, entremêlés de plantes aquatiques, de mousses et de graminées. Souvent le bois ainsi que les feuilles comprimés passent à l'état de tourbe ligneuse; cependant quelques pièces sont assez bien conservées pour pouvoir être employées aux constructions.

Un puits percé à Sutton, dans une de ces forêts sous-marines, a donné la coupe suivante :

Argile	5m,20
Détritus végétal de la forêt.	1, 10
Limon semblable à celui du fond des fossés, et mêlangé de coquilles.	6, 50
Argile marneuse.	0, 30
Roche crayeuse.	0, 50
Argile	10, 00
Gravier et eau	épaisseur indéterminée.

Dans quelques cas la partie supérieure de la couche du bois s'est montrée pénétrée par un grand nombre de racines, également converties en matière tourbeuse; d'ailleurs l'altération en question est plus avancée à la partie inférieure de l'assise, dont la couleur est plus brune et la texture plus compacte que le reste. Enfin la masse se laisse diviser en lames, dont chaque surface est recouverte de feuilles.

Ces divers indices de stratification, en grand comme en petit, méritent certainement d'être pris en grande considération pour la théorie des dépôts houillers, à cause du jour qu'ils peuvent jeter sur l'arrangement de leurs couches. Cependant la cause supposée ne paraît pas satisfaire à toutes les conditions d'un gîte carbonifère. En effet, une île étant limitée, les forêts superposées doivent l'être pareillement; la

mer, au contraire, étant illimitée, ses détritus pierreux doivent s'étendre également d'une manière illimitée. Il résulterait donc de la théorie qu'il devrait exister des roches houillères, infiniment plus étendues que les bancs de houille qu'elles recouvrent. Or, cette circonstance ne se manifeste heureusement pas; l'expérience a appris aux mineurs que là où existent les grès et les argiles schisteuses, la houille se montre à peu près infailliblement, d'où il faut conclure que la substance encaissée, aussi bien que les matières encaissantes ont pris leurs dispositions réciproques dans des espaces hydrographiques identiques. Cela étant admis, il reste à trouver une cause capable de se prêter à une égale extension des couches charbonneuses et des assises sableuses, et celle-ci ne peut être que le résultat d'une végétation essentiellement aquatique, dont il reste à indiquer les caractères.

132. Sur les continents, certains végétaux hygrophiles, et particulièrement les sphaignes croissant les uns sur les autres, donnent naissance à une sorte de feutre végétal de plusieurs mètres d'épaisseur et dont le ligneux ou la cellulose se modifie sous l'influence de l'eau. Quand l'état de décomposition est très avancé, il en résulte une tourbe compacte et noire; mais le plus ordinairement elle est spongieuse, brune, remplie de fibres végétales et semblable à du fumier comprimé. A l'aide d'un lavage approprié on peut en séparer une grande quantité d'ulmine très pure, susceptible de se concréter par une simple dessication sous la forme de briquettes, ainsi que l'a récemment démontré un ingénieur civil, M. Challeton, auquel l'industrie sera probablement redevable d'un emploi facile de ce combustible, jusqu'à présent si éminemment rebelle aux maniements métallurgiques.

Les arbres peuvent végéter sur les tourbières, et s'ils sont renversés par une cause quelconque, ils s'enfoncent dans la masse dont ils suivent la décomposition.

Les tourbières ordinaires s'établissent dans tous les endroits marécageux, depuis le niveau des mers jusque sur les hautes montagnes. Elles sont inconnues dans les contrées tropicales; pour notre hémisphère, elles commencent à se montrer sur les rives de la Méditerranée, où l'on en indique les traces les plus méridionales vers les embouchures du Nil; de là elles s'étendent jusque dans la Scandinavie, et même jusqu'à Archangel sur la mer Blanche, en couvrant çà et là d'immenses espaces. La 10e partie de l'Irlande est revêtue de ces couches; la tourbière dite le Düvels-Moor dans le pays de Brême, a vingt lieues de long sur cinq à six lieues de large. Depuis le Zuydersée jusqu'à l'embouchure de l'Elbe, il y a, sur une étendue de 430 myriamètres carrés, une superficie de 107 myriamètres qui est occupée par ce produit. M. Walchner dépeint ces grandes tourbières comme étant des solitudes mornes et désolées. Leur surface brunâtre, dépourvue d'arbres et de buissons, s'étend horizontalement sur plusieurs milles de longueur. Le voyageur n'y rencontre que des bruyères clairsemées, des joncs et des gramens aux couleurs funèbres; aucun brin d'herbe verdoyante ne soulage sa vue. Il ne peut parcourir les parties humides et spongieuses qu'aux moments des sécheresses, ou durant les gelées qui viennent les solidifier; aux autres époques de l'année, quelques bouquets d'arbrisseaux surgissent d'un noir limon, qu'il faut traverser en sautant de touffe en touffe, et le silence de mort qui règne sur ces plages n'est interrompu momentanément que par le cri plaintif d'un palmipède solitaire.

Le renouvellement continuel du genre de végétation qui accumule la tourbe, doit être considéré comme étant un de ces moyens lents, mais d'une grande puissance, dont la nature se sert si souvent, presque à notre insu, pour effectuer ses créations. Sans doute aussi, comme le suppose mon

savant ami, M. Lecoq de Clermont, par son efficace conservation du carbone, elle est un des principaux régulateurs de l'équilibre chimique de l'air, que tend sans cesse à détruire l'énorme quantité d'A. carbonique produite par la combustion de la houille.

133. On admet que la tourbe se développe principalement dans les marais, dont les eaux ne sont ni complètement stagnantes, ni sujettes à de grandes crues, ni trop profondes; tantôt un sol argileux, imperméable et peu incliné, retient les eaux pluviales; tantôt des sources manquent de pente suffisante pour permettre un écoulement facile. Cependant elle forme aussi des îles flottantes, et l'on citait jadis celles de Saint-Omer, sur lesquelles on pouvait se livrer à une petite navigation. Un phénomène non moins remarquable existe dans le territoire de Cervin (Doubs), sur la mare dite le Grand-Saz. Elle est à peu près circulaire, d'environ 300 mètres de circonférence, bordée de rochers, et elle n'a point de fond connu. Les cadavres des noyés n'ont jamais reparu, et les plongeurs sont toujours revenus, assurant qu'il y avait du danger à s'engager dans les cavités de cet abîme. Cette mare, privée d'un écoulement visible, est sujette à des crues subites d'environ $0^m,33$ de hauteur, que ses eaux ne dépassent point.

C'est sur ce lac qu'existe un amas flottant, dit la *Motte-du-Grand-Saz;* sa circonférence apparente est d'au moins 100 mètres dans les grandes crues; au moment des eaux basses, il en dépasse le niveau d'environ $0^m,33$ à $0^m,36$; mais à d'autres époques cette île s'immerge un peu plus profondément. Son sol, quoique très compressible, peut cependant supporter un homme, et il est couvert de quelques herbes, de joncs et de saules. Elle est toujours plus rapprochée d'une rive que d'une autre, en se maintenant toutefois à la distance d'environ $5,^m0$, et ne s'en éloignant jamais à plus de $10^m,0$. Ces circonstances permettent de supposer que sa base immer-

gée est plus large que sa superficie; les vents impriment d'ailleurs un mouvement de rotation à cette masse.

La végétation tourbeuse peut aussi s'étendre successivement à partir des bords d'une eau profonde. On doit citer à cet égard le lac de Brai près de Vevey. Celui-ci ne reçoit aucun ruisseau, et cependant il en découle continuellement un filet d'eau. Sa plus grande profondeur est de 60 brasses, pour 1/4 de lieue de longueur et 120 mètres de largeur. Il paraît avoir été plus grand qu'il n'est actuellement, mais les plantes aquatiques forment près de son bord un plexus mobile, élastique, dont la décomposition constitue un fond sans solidité et qui a rempli presque tout le vallon, de manière qu'il est apparent, dit Razoumowsky, qu'un jour un marais d'une profondeur effrayante prendra la place de cette charmante pièce d'eau. De pareilles tourbières sont exploitées depuis longtemps sur divers points des bords du lac de Constance, et il serait facile de multiplier les citations de ce genre; mais celles-ci étant de nature à bien faire comprendre les conditions variées dans lesquelles ces amoncellements végétaux peuvent se constituer, je vais passer à quelques détails sur les tourbières marines.

Dans les golfes des mers du Nord, en Poméranie ou en Danemarck, par exemple, les plus grandes tourbières se développent à la surface de l'eau qui se couvre d'une végétation mousseuse; ce tricot acquiert avec le temps une épaisseur suffisante pour pouvoir supporter un homme. Si ces nappes sont séparées de la mer par un cordon littoral peu élevé, les marées et le vent viennent les recouvrir graduellement de limons ou de sables fins, de façon qu'elles se dépriment par suite de cette surcharge, et l'attérissement superficiel, devenant de plus en plus épais, on peut se croire enfin sur un plancher solide. Cependant si l'on perce cette croûte, il se produit un enfoncement subit de plusieurs mètres, par suite

duquel la couche s'immerge jusqu'à la rencontre du sous-sol ; en même temps un jet d'eau noire et vaseuse surgit hors du trou. Quelquefois les grandes tempêtes se chargent d'effectuer la déchirure ; les eaux violemment agitées secouent la couche tourbeuse ; elle se partage en lambeaux que leur poids entraîne vers le fond, et la mer reprend momentanément la partie de son domaine qui paraissait définitivement acquise à la végétation. A la suite d'un certain nombre de ces vicissitudes, le golfe se trouve encombré, et il est définitivement acquis pour la terre ferme ; mais la masse conserve encore sa compressibilité. Les remblais de diverses parties des chemins de fer de la Prusse ont éprouvé au bout de quelque temps de profonds tassements, de manière à exiger plusieurs chargements consécutifs. Pour établir des constructions sur d'autres points de ce sol si élastique, il a fallu des pilotis extraordinaires ; des arbres ajustés bout à bout sont arrivés à grand'peine au fond de ces tourbières.

134. Les végétaux ne se développent pas seulement à la surface de la mer, mais il en est encore qui restent constamment enfoncés dans son sein, où ils constituent de véritables prairies. Le rôle géologique de ces herbages sous-marins est au moins aussi complexe que celui des tapis de verdures superficielles. Il est de fait que certains groupes de leurs plantes jouissent de la propriété de s'environner d'incrustations calcaires, qui ont déjà été l'objet des importantes recherches de MM. Damour et Decaisne sur les corallinées et les millépores, et au sujet desquelles j'espère pouvoir fournir de nouveaux détails dans une autre occasion. D'autres groupes des mêmes plantes échappent à ces lapidifications ; mais, sous des conditions convenables, elles se prêtent à la formation d'une sorte de tourbe que l'on a désignée sous le nom de *tourbe de varech*.

Mon collègue M. Coquand, professeur à la Faculté de Besançon, en a étudié quelques gisements, situés entre La

Chaume et Les Granges, en Vendée, où ils paraissent occuper un espace considérable compris entre les stéaschistes au sud et les calcaires jurassiques au nord, roches qui, en les abritant contre les érosions des lames, ont assuré leur conservation. Les plantes dont l'accumulation a formé la tourbe en question paraissent se rapporter à des ulva et à des fucus. Elle est composée de plusieurs couches, dont la facile séparation donne à l'ensemble une apparence schisteuse; la dessiccation la divise en feuillets raccornis, indépendamment du fendillement qui s'opère dans tous les sens par suite du retrait considérable qu'elle subit. Cependant les parties les plus profondes présentent une masse compacte, formée d'une pâte homogène, à cassure terreuse, de couleur d'un brun-noirâtre, tandis que vers la surface la nuance est moins foncée, les plantes étant moins décomposées.

Cette tourbe, formant des bancs épais de $0^m,27$ à $0^m,52$, repose sur un lit de terre d'alluvion, à surface très unie, mais également schisteuse, blanchâtre, et par conséquent peu combustible. Dans son intérieur, on distingue, parmi des fucus non décomposés, diverses coquilles d'eau douce (hélices et paludines), réunies à des têts de bucardes et autres mollusques vivant dans la vase des marais salants. M. Coquand explique ce mélange d'espèces si différentes en supposant que l'Aumance amenait ses débris terrestres et d'eau douce pendant que la mer portait ses alluvions sur la côte; peut-être encore les coquilles terrestres vivaient à la surface du dépôt en même temps que son intérieur, pénétré d'eau salée, permettait à des espèces marines de s'y développer, comme on le voit encore à Sauveterre.

Une couche de sable recouvre ces tourbières au point d'en réduire la superficie apparente vers la côte à une longueur de 1,676 mètres sur une largeur de 975 mètres.

Fabricius a vu de même sur la presqu'île d'Orcland des

tourbières littorales formées de plantes marines; sur les côtes de la Baltique, dans le Mecklenbourg, on connaît de grandes couches d'algues marines en décomposition. A Doberan, il en jaillit une source hydrosulfureuse. Enfin dans la province de Schonen, près de Tellenborg, on exploite dans les profondeurs sous-marines une tourbe composée de ces végétaux marins.

Cependant il ne sera pas inutile de faire remarquer que les tourbières qui sont placées au-dessous du niveau de la mer ne contiennent souvent aucun reste de nature à indiquer une origine marine. La surface de la tourbière de Greifswald en Poméranie s'élève à peine au-dessus du niveau moyen de la mer, et les flots soulevés par les vents d'E et de N E la recouvrent fréquemment. A sa surface végètent le *Scirpus maritimus* et le *Glaux maritima*, de façon que l'on est porté à supposer dans son intérieur l'existence de végétaux et autres restes marins; cependant M. Chamisso en a trouvé aussi peu que dans la tourbe de Linum près de Potsdam. A la profondeur de 3 mètres au-dessous du niveau moyen de la mer, il a reconnu positivement *l'Hypnum trifarium* et *aduncum;* la graine du *Menyanthes trifoliata* s'est montrée depuis des profondeurs moindres jusqu'au fond, et dans le sable sous-jacent il a pu recueillir des graines encore bien conservées du *Scheuchzeria palustris.*

135. Sur beaucoup de points des grandes tourbières du Nord, la tourbe est accompagnée d'une marne blanchâtre ou grise, dans laquelle sont dispersés des débris de plantes aquatiques, entremêlés de coquilles d'eau douce. Cette production est désignée sous le nom de marne des prairies *(Wiesenmergel)*. Tantôt elle est intercalée entre les bancs tourbeux, quelquefois elle repose à leur surface, et dans d'autres cas elle gît au-dessous. Cette marne est pulvérulente et très légère quand elle est sèche; mais tant qu'elle conserve son humidité elle reste plasti-

que, de façon que l'on peut en confectionner des briquettes qui donnent de la chaux par la calcination; dans la Poméranie et dans le Mecklenbourg cette même substance est fréquemment employée à l'amendement des terres. Ces couches calcaires pourraient bien être un résultat de l'action de la végétation, car on sait que les racines jouissent de la propriété d'attirer à elles les sels calcaires qui se transforment en carbonate dans l'ostéocolle et autres minéraux analogues.

D'autres produits, qui peuvent offrir quelque intérêt sous le point de vue de la question houillère, consistent dans les développements du sulfure et du sulfate de fer, que l'on remarque, par exemple, à Schwarzenbruch dans l'Eifel, auprès de Torgau sur les bords de l'Elbe, aux environs de Helmstœdt, et plus particulièrement dans plusieurs localités de la Haute-Silésie. Entre Munsterberg et Neisse, M. de Buch a vu de ces tourbes tellement vitrioliques qu'elles sont percées de tous côtés par les efflorescences du sel ferrugineux. Pour en tirer parti, on accumule les matières pendant plusieurs mois sous des hangars, afin de laisser à la pyrite le temps de se vitrioliser; la masse est ensuite lessivée, et l'on obtient ainsi annuellement jusqu'à 4,000 quintaux métriques d'un sulfate de fer que sa pureté fait rechercher dans le commerce. Tout chimiste s'expliquera facilement la formation de la pyrite par la réaction de la matière organique et du sulfate de fer; mais il n'est pas aussi facile de découvrir d'où vient ce sel. Il observera d'ailleurs qu'il s'effectue ici des phénomènes complexes en ce sens que l'oxigène et l'eau, reprenant les pyrites en sous-œuvre, les ramènent de nouveau à l'état de sulfates, de façon que ces tourbières sont le théâtre d'oxidations et de réductions continuelles.

136. La récapitulation de divers détails exposés jusqu'à présent établira que les tourbières sont susceptibles de se former dans des conditions très variées, tantôt sur un sol à

peine humide, tantôt, au contraire, sur des eaux profondes. L'eau douce et l'eau marine se prêtent indifféremment à leur développement. On les voit s'étendre sur d'immenses surfaces. On ne conçoit pas d'autres limites à leur accroissement en épaisseur que celles qui proviendraient d'un mouvement trop tumultueux des eaux, ou d'une exposition devenue complètement aérienne, car dans les autres conditions, tant que la masse peut s'enfoncer dans le liquide sous la charge des parties supérieures, il s'établit de nouveaux végétaux à la surface. Des arbres s'implantent sur ces nappes, de façon à montrer de quelle manière ont crû ceux que l'on a trouvés en place dans certaines houillères. Le tissu serré des tourbes se refuse à l'infiltration des sables et des argiles qui pourraient être amenés après coup par les courants; elles doivent donc donner naissance à des produits très purs. Leur compressibilité les rendant capables d'être tassées en masses compactes, il devient plus facile de comprendre les réactions moléculaires spéciales qui, s'opérant dans leur sein sous la pression des alluvions superposées, ont donné naissance à la houille; la température de l'époque ainsi que la nature des végétaux sont d'ailleurs venus en aide, et à cet égard il convient de rappeler que les stigmaires ont paru à M. Hutton être les espèces qui ont le plus contribué à sa production. L'activité que l'on est en droit d'attribuer à la végétation pendant la période houillère satisfait à la condition de la régénération rapide des plantes sur les alluvions que déposaient par intervalles des eaux torrentielles, et par conséquent elle rend raison de la multitude des couches que l'on observe dans certains gîtes. Enfin les oscillations d'un sol encore flexible (13) font concevoir les immersions et les émersions qui ont été les causes premières des alternances de la végétation tourbeuse et de la sédimentation, dont un ensemble houiller est le résultat; elles suffisent aussi pour expliquer les mouvements plus ou moins torrentiels par

lesquels les blocs des conglomérats, les limons des argiles schisteuses ont été enlevés de leur place en même temps que les arbres et autres végétaux erratiques qui gisent actuellement à côté de ceux dont la croissance s'est effectuée en place. D'ailleurs rien n'empêche de faire intervenir également des courants permanents, qui, descendant des îles ou de la terre ferme, ont parachevé l'œuvre houillère.

Deluc et les autres anciens géologues qui ont introduit l'idée des tourbières dans la discussion, ont donc été très heureusement inspirés, et l'on ne doit pas être surpris de voir les savants les plus éminents se ranger actuellement de leur avis. Peu importe d'ailleurs que l'on veuille admettre, avec les uns, des marais d'eau douce établis avec leurs tourbières dans des bassins circonscrits, ou avec d'autres, des végétations sous-marines; le principe étant général, s'accorde également avec les deux hypothèses, et c'est à une réunion de circonstances qu'il faut, en définitive, se rattacher pour arriver à trancher la question.

Aperçus fournis par les lignites tertiaires.

137. Pour appuyer quelques explications j'ai déjà eu occasion de citer divers phénomènes observés dans les lignites. Cependant l'ensemble des relations de ces dernières sortes de combustible étant de nature à fournir de plus larges aperçus relativement à la théorie de la houille, je juge à propos de compléter mes indications par quelques détails sur deux gîtes bien distincts que possède le bassin du Rhône. Le premier fait partie du terrain tertiaire supérieur, et l'autre appartient au tertiaire inférieur; et comme le système auquel ils se rattachent est à peine indiqué dans nos traités élémentaires, je vais essayer de faire ressortir son importance à l'aide de quelques renseignements puisés dans les observations de MM. Elie de Beaumont, Toulousan, Jourdan, Co-

quand, Matheron, Itier, et de divers autres membres du congrès géologique d'Aix. En cela cependant je serai aussi bref que possible, et pour fixer spécialement l'attention sur les combustibles, je ne produirai d'abord qu'un canevas destiné à indiquer les positions des formations qui se rattachent directement à mon sujet.

DÉTAILS GÉNÉRAUX AU SUJET DES TERRAINS TERTIAIRES DU BASSIN DU RHÔNE.

138. A la fin de la période secondaire, il existait du côté de la Provence une dépression, dans laquelle ont pu se trouver momentanément accumulées des eaux salées, si l'on en juge toutefois par la lumachelle ferrugineuse de la Fare près de Martigues; on y observe en effet une association de coquilles lacustres et marines. Cependant cette salure n'a pas tardé à être tempérée par des eaux douces, au sein desquelles se sont déposées les assises du terrain tertiaire inférieur, composé de trois étages distincts.

Le premier, qui est caractérisé par les lignites, sera décrit avec les détails nécessaires.

Le second étage, généralement formé d'argiles et de grès rouges, alternant avec des calcaires, comprend l'accident des *Brèches de Tholonet*, si remarquables par leur puissance, par leur position et par leur emploi en qualité de marbre.

Le troisième étage contraste avec le précédent en vertu de son aspect général blanc et marneux. Les plâtrières d'Aix, si connues par leurs fossiles, y sont établies. Le gypse, associé à des silex, est accumulé dans la partie inférieure, et dans les couches du toit ainsi que du mur on trouve des cyprins, des insectes et des empreintes végétales. Dans la partie supérieure, on voit de nouveaux silex, et ils sont accompagnés de Potamides, de Paludines, de Cyclades, de Néritines, de Planorbes et de Lymnées. Les Hélices et les Cyclostomes y sont rares; mais cet étage ayant fourni des ossements d'Anoplothérium et

de Palæothérium analogues à ceux de Montmartre, fixe par cela même la position de tout l'ensemble inférieur qui commence avec la lumachelle de la Fare.

139. Les dépôts de cette période furent arrêtés par divers mouvements du sol, à la suite desquels survint une irruption des eaux marines, refoulées jusqu'alors entre d'autres limites; alors aussi les traits essentiels du massif de la France centrale, des Alpes et des montagnes sub-alpines se trouvaient arrêtés. Un magnifique golfe s'étendit donc de la Méditerranée au moins jusque vers la partie moyenne du bassin du Rhône. Quelques bras de mer s'en détachaient en pénétrant par diverses échancrures des contreforts alpins dans la dépression de Chambéry, etc. En même temps d'autres diramations s'enfonçaient dans de petites articulations de la chaîne Cévenole.

Partout où s'établirent ces eaux, il se déposa une énorme quantité de détritus, qui formèrent les molasses, dont les bancs puissants n'ont pas encore été complètement mesurés; en tous cas l'origine marine de ces roches est démontrée par les débris de Madrépores, par les nombreuses dents de Squale, ainsi que par les grandes huîtres et autres coquilles, si abondantes dans certaines assises. Cependant, à leur base, et entre autres, à Saint-Nazaire, à l'entrée du Royannois, on aperçoit une couche lacustre, reconnaissable à ses Ampullaires et à ses Lymnées. Elle indique la présence des eaux douces, de même que la couche de la Fare décèle celle des eaux marines; et l'on sera sans doute frappé de ce qu'il y a de singulier dans la substitution d'un régime à un autre à peine établi, sur des points tels que Saint-Nazaire et la Fare, où pourtant le déplacement n'est justifié par aucun changement survenu dans la stratification entre des dépôts d'origine si disparate. Les fossiles, ainsi que la discordance des allures par rapport aux couches gypseuses d'Aix, ont dé-

terminé à caser les molasses dans le système tertiaire moyen. Cependant mon collègue, M. Jourdan, n'admet point cet arrangement, et il se base sur les dents d'Hipparion, qu'il a trouvées non seulement dans les molasses de Saint-Fons, mais encore dans celles qui ont été entamées par un puits percé à la Croix-Rousse, près des Bernardines. Ces dents, réunies à un crâne de chevreuil, provenant également de Saint-Fons, suffisent pour faire porter les masses en question au rang du terrain tertiaire supérieur, dont elles constitueraient l'étage inférieur.

140. Une autre oscillation du sol, dont l'effet s'est entre autres fait sentir vers les côtes méditerranéennes, vint mettre un terme aux accumulations de la molasse, en refoulant, à peu de chose près, la mer dans ses limites actuelles. Dès ce moment la dépression rhodanienne fut envahie par de nouvelles eaux douces, auxquelles sont particulièrement dues de grands entassements de cailloux, mélangés de lits sableux, provenant en grande partie du remaniement des molasses. Les cailloux étant pour la plupart alpins, fortement roulés et distribués sur différentes plages bien distinctes, l'on est autorisé à supposer qu'ils ont été amenés par divers courants, qui, ayant leur point de départ principal dans les Alpes, venaient divaguer sur les parties correspondantes des plaines du Rhône.

L'un de leurs dépôts, composé essentiellement de galets calcaires, doit se rattacher au bassin de la Durance, puisqu'il est établi dans une dépression comprise entre Digne et le pertuis de Mirabeau; il couvre la région de Sainte-Tulle, Manosque, Volx, Villeneuve, Ganagobie, Gréoux et Cotignac.

L'autre sédiment, dans lequel dominent les quarzites alpins, débute dans une sorte d'anse, placée entre les masses primitives des environs de Tain et de Saint-Vallier et les collines de molasses des environs de Saint-Donat et de Clave-

zon; de là il se développe rapidement vers le nord en couvrant le Bas-Dauphiné, les environs de Lyon, la Bresse, les plaines de la Bourgogne et tendant vers l'Alsace. La surface de ce cailloutis étant disposée de manière à présenter une pente douce et régulière depuis Saint-Vallier jusqu'à Dijon, on peut le regarder comme ayant été étalé sur le fond d'une grande pièce d'eau renfermée entre le Jura et les montagnes beaujolaises, et son comblement se serait effectué progressivement à partir d'échancrures des contreforts subalpins, par lesquelles arrivaient des fleuves torrentiels, venant de vallées, dont celles de l'Isère et du Rhône supérieur sont les représentants actuels. Cette nappe a reçu de M. Elie de Beaumont le titre de *grand lac de la Bresse*, ses grèves étant représentées par les *conglomérats bressans*. Aucun des cailloux du lac ne s'étendant au sud de Saint-Vallier, on peut admettre encore que son écoulement avait lieu vers la vallée du Rhin avant qu'une dernière dislocation n'eût fait naître un déversement vers la Méditerranée. Il est de fait qu'il existe dans le Haut-Rhin, vers Altkirch, Ferette et Dannemarie, près du partage des eaux du Rhône et du Rhin, un dépôt analogue à celui des environs de Lyon. C'est sous les conglomérats bressans que sont établies les argiles contenant des planorbes et des lymnées, et de plus les matériaux des lignites, dont le gisement le plus important sera l'objet de nos détails subséquents; pour le moment je ferai remarquer que M. Jourdan y ayant trouvé des dents de rhinocéros, en fait l'étage supérieur du terrain tertiaire le plus récent.

141. Enfin cette dernière période a vu sa fin, pour nos pays, au moment de la plus singulière et de la plus grandiose des évolutions du globe. Les Alpes se trouvèrent affectées suivant de nouvelles directions; d'énormes volumes d'eau ruisselèrent avec impétuosité de toutes les sommités, parsemant les plaines de quartiers de rochers, déchiquetant les dé-

pôts établis sous les régimes précédents, et traçant entre autres sur les plaines les lits actuels de nos rivières. De vastes glaciers étalèrent des moraines d'une incontestable étendue dans le fond de diverses vallées alpines, et alors aussi, comme pour produire un saisissant contraste, divers volcans de la France centrale continuaient à émettre leurs laves incandescentes, à lancer dans les airs leurs gerbes de cendres et de scories. Des scènes si imposantes, dessinées en traits indélébiles sur la surface du bassin du Rhône, peuvent frapper d'étonnement le géologue que ses excursions conduisent incessamment de l'une à l'autre; les glaciéristes disputeront avec les partisans du diluvium, sur l'étendue de leur part respective; le paléontologiste fouillera dans tant de débris pour y trouver les ossements confondus des animaux des pays chauds et des contrées froides; le philosophe méditera sur les ravages exercés par les eaux, et sera amené à conclure leur nécessité pour préparer à l'homme un domaine digne de sa dévorante activité; pour nous, appelés par d'autres besoins à abandonner le rôle contemplatif, il s'agit d'appliquer ces rapides aperçus à la cause industrielle dont nous avons entrepris la défense. Reprenons donc, à tour de rôle, les deux points essentiels indiqués dans notre préambule, et commençons par les lignites du terrain tertiaire de nos contrées méridionales.

DÉTAILS PARTICULIERS SUR LE LIGNITE DE LA PROVENCE.

142. La puissance du terrain à lignite de la Provence est d'environ 400 mètres. Il est composé de couches diverses, dont quelques évaluations portent le nombre à 97; elles consistent en calcaires bleus, en schistes marneux ou marno-bitumineux, en argiles, en sables argilo-calcaires, en grès, en poudingues, entremêlés de vingt-huit assises de lignite, représentant une épaisseur totale de $5^m,72$; mais six seulement sont exploitables, et encore elles ne le sont pas dans toutes

les parties du bassin, à cause des variations de leur puissance ainsi que de leur qualité.

Ces lignites sont interposés entre deux couches calcaires, dont la supérieure est désignée par les mineurs sous le nom de *lintaou* (linteau) et l'inférieure sous celui de *rousson*; ils brûlent sans se boursouffler et sans s'agglutiner; leur cassure, quelquefois largement conchoïde, offrant le luisant du bitume avec une couleur d'un brun presque noir, devient souvent schistoïde; mais dans l'un et l'autre cas, il est impossible de reconnaître les végétaux qui ont donné naissance au combustible. Cependant un lit que son niveau peu élevé place au-dessous des bancs exploités, montre une véritable tourbe, formée de plantes herbacées, parmi lesquelles on distingue quelques fragments de feuilles ailées, qui doivent avoir appartenu à une espèce de fougère dont on retrouve encore de rares empreintes dans les schistes marno-bitumineux. On fera remarquer en passant combien la composition de cette assise, dont l'altération a été arrêtée avant terme, peut venir à l'appui de la théorie de la formation des charbons piciformes par les plantes des tourbières.

L'analyse du lignite de la mine du *Grand-Rocher*, près d'Aix, a donné à M. Régnault :

Carbone	73,79
Hydrogène.	5,29
Oxigène et azote.	20,92

Ce combustible rentre donc dans la loi générale déjà indiquée pour les houilles, à l'occasion des rapports qui existent entre l'oxigène, l'hydrogène et le carbone (115).

143. Les roches accompagnantes sont très fossilifères; les coquilles qu'on y trouve sont des unios, des mélanopsis, des cyclades, des planorbes et des potamides. Les mélanopsis se montrent à la partie inférieure du système; les unios sont

placées vers le haut, et les *potamides scalaris*, ainsi que les cyclades striées, occupent la partie moyenne; les couches chargées de ces dernières sont appelées *claouvissoë*, à cause de la ressemblance qui existe entre les cyclades et les clovisses, espèces de vénus très connues des gourmets de Marseille. On prétend aussi avoir rencontré quelques empreintes de poissons dans les schistes marno-bitumineux.

Les représentants actuels de ces divers fossiles fréquentant les eaux douces, on a pu se croire en droit de considérer l'étage des lignites comme appartenant aux formations lacustres, et c'est dans ce sens que nous l'avons fait connaître dans nos détails préliminaires (138). Cependant les doutes déjà indiqués à l'occasion des fossiles du terrain houiller (55) vont se reproduire ici quand nous aurons complété nos renseignements.

On a vu que l'étage gypseux d'Aix, quoique séparé de celui à lignites par le calcaire de Roquefavour et par l'assise des argiles rouges, n'en renferme pas moins des mollusques du même genre, c'est-à-dire des paludines, des potamides, des cyclades lisses, des néritines, des planorbes, des lymnées et des *cypris faba*. Il contient de plus des batraciens, des crocodiles, et surtout des poissons des genres *cyprinus* et *esox* (brochets), dont la taille varie entre quelques centimètres et $1^{m},0$. Cette faune, du même genre que celle des lignites, et même plus développée, conduirait donc aux mêmes conclusions, si ce n'était un certain mélange, indiqué par M. de Blainville, de poissons méditerranéens, tels que la *perca minuta* et le *mugil cephalus*, auxquels M. d'Aubuisson ajoute des loups, des daurades et autres espèces marines. Ces savants, il est vrai, ont considéré à tort leurs poissons comme provenant des plâtrières d'Aix, où l'on n'a jamais vu que des esox et des cyprins; mais l'erreur n'est pas grande, car ils existent dans les carrières de Manosque, où M. Toulousan

les a effectivement rencontrés. Or, MM. les membres du Congrès géologique ayant reconnu que les assises de Manosque sont identiques à celles des environs d'Aix, dont elles sont simplement séparées par l'incision de la vallée de la Durance, il faut nécessairement admettre nos hésitations à l'endroit de la théorie lacustre. Elles acquerront encore bien plus de gravité, quand on aura ajouté que l'étage gypseux remonte jusqu'à Apt et Vaucluse, où il contient du lignite aussi bien qu'à Aix, car ici l'on découvre çà et là ce combustible, servant en quelque sorte de lien entre les parties respectives de cet ensemble tertiaire.

Si donc on reprend l'ensemble des observations qui démontrent un mélange de fossiles réputés marins et lacustres dans la couche de la Fare, ainsi que dans celles de l'étage gypseux à Manosque; si l'on y ajoute la promiscuité qui, d'après M. Thiollière, caractérise les calcaires lithographiques de Cirin, pour remonter à celle des terrains houillers, on comprendra combien sont fondées nos recommandations (58) au sujet de la réserve dans laquelle il faut se maintenir en attendant un plus ample informé au sujet de ces mixtures paléontologiques.

144. La stratigraphie va d'ailleurs venir à notre aide d'une manière bien plus efficace que les fossiles pour en finir avec cette insidieuse question des dépôts lacustres, si bénévolement admis comme étant disséminés çà et là dans nos contrées méridionales. En effet, l'ensemble de l'étage à lignites s'appuie indifféremment sur les divers étages néocomiens de la contrée, tantôt sur les calcaires à *chama ammonia*, tantôt sur le grès vert supérieur à hippurites; on le voit même appliqué sur la base des calcaires jurassiques. Il occupe en général la concavité des anciennes vallées crétacées, dont il contourne les rampes et enveloppe les saillies. Quelquefois les soulèvements l'ont porté à une certaine hauteur,

comme, par exemple, au pied du grand escarpement connu sous le nom de *Baou de Bretagne*. J'ai vu de même la partie qui couvre les environs de Fuveau passer dans la dépression d'Auriol, d'où elle s'effile en s'élevant dans le haut vallon de Pinchinier; mais ces rehaussements sont de simples accidents locaux produits par les soulèvements postérieurs. Ils n'empêchent pas l'ensemble de se montrer comme moulé sur les flancs et sur les fonds des vallées, en s'étendant dans celles de la Durance, de Vauvenargues, de l'Arc, du Merlançon et de l'Huveaune, d'où il s'épanouit aux bords de l'étang de Berre.

Si l'on consent d'ailleurs à le considérer comme obéissant aux allures du grand dépôt gypseux, avec lequel il est si intimement lié, on sera libre de faire le tour du Leberon, de remonter par le Calavon jusqu'à Apt et Forcalquier, où l'on retrouvera des lignites avec des lymnées.

Maintenant l'on remarquera qu'il importe peu que ces parties extrêmes soient bien exactement délimitées. Il suffit de savoir en gros que l'ensemble du terrain se cache vers le nord sous les formations plus récentes, et que latéralement, il est borné par les Alpes et par les rampes de la France centrale. C'est vers le sud qu'il s'agit de l'examiner. Ici, avons-nous dit, il apparaît jusque sur les rives méditerranéennes, auprès des Martigues. Bien plus, un observateur plein de zèle, M. Chalande, me signale ses traces sur un lambeau crétacé qui s'avance dans la mer au milieu des falaises comprises entre Carry et l'Estaque près de Figuerolles.

145. Je le demande donc, n'est-il pas plus rationnel d'admettre une grande lagune, dont les bords entouraient toutes les saillies jurassiques et néoconiennes antérieurement exhaussées, en formant des passes, des anses ou des criques dans les vallées qui les séparent? Le fond de ce bras de mer a

été soumis à des affaissements successifs, qui ont déterminé la diversité des couches superposées, jusqu'à ce qu'enfin une secousse plus forte ait substitué des dépôts d'un autre ordre aux arrangements antérieurs. Cette lagune recevait sans doute quelques rivières qui, selon les circonstances, modifiaient le dégré de salure, la composition chimique de ses eaux, en introduisant de plus dans son sein leurs troubles et leurs sables.

La présence des coquilles lacustres, des poissons de mer et de rivière, s'expliquerait dans ce cas avec la plus grande facilité par l'aptitude bien constatée des mollusques, et de certains poissons à se prêter à des changements du genre de ceux que nous supposons. S'il fallait d'ailleurs apporter de nouvelles preuves à cet égard, je rappellerais que le terrain tertiaire des environs de Mayence contient un *Mytilus Brardii très voisin* du mytilus, qui, de nos jours, vit indifféremment dans le Volga, dans le Danube et dans les étangs salés de Kœnigsberg; et à côté du mytilus mayençois, gît la *Paludina socialis*, qui elle-même est *très voisine* d'une paludine des étangs salés de la Provence. Dès-lors pourquoi n'en serait-il pas de même des fossiles de nos plâtrières et de nos couches à lignites, qui sont également *voisins* des espèces de notre époque?

146. Pour clore les aperçus dérivés de l'étude du terrain d'Aix, je ferai ressortir quelques autres résultats des études de M. Coquand, parce qu'ils sont de nature jeter un grand jour sur le climat de la période durant laquelle se sont constituées les couches du système tertiaire inférieur, et qu'ils autorisent un retour sur les détails précédents.

Parmi les végétaux encastrés dans les marnes gypseuses, il faut citer le *Palmacites Lamanonis*, des fruits de conifères, des feuilles de plantes dicotyledonées.

Les oiseaux sont représentés par quelques empreintes de

plumes. Au nombre des reptiles, il faut ranger un batracien de la famille des anoures; cette grenouille, à laquelle M. Coquand a donné le nom de *Rana Aquensis*, a $0^m,032$ de longueur; son corps est moins ramassé que celui de la grenouille ordinaire, sa tête est plus allongée et ses pieds de derrière sont proportionnellement plus longs.

Les insectes appartiennent à tous les ordres. Les genres principaux sont les suivants : *Harpalus*, *Melolontha*, *Bruchus*, *Meleus*, *Cleonis*, *Callidium*, *Cassida*, *Mantis*, *Spatrum*, *Locusta*, *Forficula*, *Libellulla*, *Ichneumon*, *Fourmi*, *Tipule* et *Araignée*. Un papillon diurne a entre autres fixé l'attention des entomologistes, à cause de l'état de conservation de sa forme, qui est tel qu'on le croirait lithographié sur un schiste. Cette intégrité a permis d'en déterminer le genre et de le grouper avec des espèces assez peu nombreuses et qui sont confinées aujourd'hui parmi les îles de l'Archipel indien ou dans les contrées les plus chaudes du continent asiatique. D'après M. Blum de Leyde, ces papillons voltigent çà et là, à l'entour des palmiers, dont peut-être ils se nourrissent, étant encore à l'état de chenilles. L'individu fossile qui a été nommé *Sepulta*, pour rappeler son origine antédiluvienne, appartient au genre *Cyllo*, et se rapproche des *Rohria*, *Cammus* et autres espèces voisines; mais il ne peut être assimilé à aucune de celles qui vivent de nos jours.

147. En tenant compte de l'habitation de ses congénères actuels, ainsi que de la présence des palmiers et des crocodiles, il est facile de conclure que la température probable de la Provence à cette époque devait être celle de nos contrées intertropicales. Or, la quantité d'eau pluviale qui tombe dans celles-ci, pendant la courte durée de la saison humide, dépasse de beaucoup celle des pluies européennes. M. de Humboldt porte la moyenne des premières à $1^m,89$ et même à $2^m,43$ pour les régions très pluvieuses, tandis que

l'Europe n'en reçoit que $0^m,59$. Ici d'ailleurs, il tombe rarement par heure $0^m,009$ d'eau ; là, au contraire, la chute est de $0^m,144$ dans le même temps. Ces différences expliquent les énormes débordements du Nil, de l'Orénoque, et de l'Amazone, qui inondent régulièrement des pays entiers. On conçoit donc qu'avec un pareil régime, une lagune du genre de celle que nous supposons avoir existé dans le bassin du Rhône à l'époque tertiaire ancienne, devait se trouver périodiquement dessalée d'une manière très notable. Par conséquent les espèces qui y avaient leur demeure ont dû périr, ou se déplacer, ou s'accommoder des changements, suivant leur aptitude à la locomotion, ou encore en raison de la flexibilité de leur organisation.

En dernière analyse, si l'on admet que les lignites de la Provence ont été déposés dans un golfe, lié plus ou moins directement avec la mer, et recevant les eaux de quelques rivières, on sera bien plus près de la vérité qu'en imaginant leur développement dans des lacs intérieurs remplis d'eau douce. L'hypothèse d'une grande lagune se concilie parfaitement avec toutes les observations énumérées précédemment ; elle n'est contredite par aucun détail ; elle les explique tous sans effort : il faut donc l'accepter de préférence à toute autre.

148. En remontant actuellement à nos considérations préliminaires sur les gîtes houillers (chap. I et II), on arrive à comprendre que s'ils se distinguent de ceux du lignite par les dates de leur établissement et par les caractères pétralogiques, la différence ne doit pas être poussée plus loin. En cela donc les conclusions finales obtenues pour ce combustible sont de nature à donner plus de crédit à notre thèse houillère. Il est vrai que celle-ci pouvait se passer de ce renfort. Cependant il n'en est pas moins satisfaisant de voir la nature toujours identique au fond, malgré la diversité des

produits, qu'elle peut faire dépendre des époques, d'une sédimentation plus ou moins tranquille, d'une végétation qui n'était plus la même, d'une décomposition organique effectuée sous d'autres conditions thermiques, etc., etc. Aussi l'on conviendra que nos rapprochements méritaient d'être tentés, quand même ils n'auraient dû aboutir à d'autres résultats qu'à celui d'introduire cette simplification parmi les principes de la science.

DÉTAILS PARTICULIERS SUR LE LIGNITE DE LA TOUR-DU-PIN.

149. En franchissant la période molassique, nous arrivons à celle des conglomérats lacustres de la Bresse, durant laquelle se sont effectués de nouveaux entassements végétaux, couchés au milieu d'assises offrant certains points de ressemblance avec celles des terrains houillers. Les uns comme les autres donnent en effet l'image d'une formation torrentielle (50), tandis qu'à l'égard des lignites de la Provence les courants violents ne sont pour ainsi dire exprimés que par le grand système des brèches du Tholonet; le reste, presque exclusivement composé de calcaires, de marnes et d'argiles schisteuses, n'a guère d'autres représentants que les bancs de l'étage houiller supérieur.

Cependant il est généralement admis que les lignites des conglomérats bressans constituent de simples petits dépôts essentiellement locaux, dispersés çà et là. En partant de ce principe on peut être tenté de récuser toute comparaison entre les formations respectives; il s'agit donc d'attaquer immédiatement cette difficulté, et pour cela il importe de choisir une station où les études se trouvent facilitées par les découpures du sol. A cet égard j'accorderai la préférence aux environs de la Tour-du-Pin, qui réunissent toutes les conditions. Sur ce point l'on peut reconnaître que l'ensemble du terrain tertiaire supérieur se compose de trois parties bien distinctes, dont voici les caractères essentiels.

150. L'étage inférieur présente quelques couches irrégulières, dont les cailloux sont généralement petits. Elles sont distribuées au milieu d'une épaisse masse de sables fort analogues à ceux de la molasse marine, avec lesquels on les a plusieurs fois confondus. Cependant l'existence d'empreintes végétales, ainsi que celle des hélices, me paraît constituer un fait de nature à motiver l'opinion contraire, malgré certains mélanges de coquilles marines et de débris madréporiques que l'on remarque vers la base du système. Ces confusions prouvent tout au plus un de ces passages d'un mode de formation à un autre déjà plusieurs fois mentionnés.

L'étage moyen est spécifié par ses argiles, dans lesquelles les lignites sont intercalés. L'argile du mur a une puissance de 3 à 4 mètres; elle est tenace et riche en planorbes, en lymnées et en hélices simplement fracturées, ou écrasées par la pression, mais nullement roulées. Il faut aussi mentionner pour cet étage une dent d'hyppopotame, trouvée par M. Jourdan, et dont la présence confirme le fait de son placement au niveau supérieur des terrains tertiaires. Généralement grisâtre, cette argile devient noire sur une petite hauteur au contact du lignite. Ce combustible superposé se montre avec une épaisseur variable entre $0^m,40$ et $0^m,80$. Enfin l'argile du toit présente une certaine complication, en ce sens que l'on y voit, par exemple, au Vion, une assise verdâtre très tenace, mesurant $0^m,75$. Au-dessus apparaît une bande mince, d'un gris noirâtre, qui est suivie d'une argile de couleur gris-bleuâtre, dont l'ensemble s'élève à $1^m,30$. Vient ensuite une couche blanchâtre et sableuse, de $0^m,64$ d'épaisseur et à laquelle succède l'étage supérieur; mais ces arrangements se modifient sur d'autres points. En somme, l'étage moyen peut être considéré comme étant représenté par une masse d'environ 7 à 8 mètres de puissance. La ténacité ainsi que l'imperméabilité propres à ses diverses couches,

lui font jouer un double rôle. L'un est hydrographique, en ce sens que les eaux infiltrées au travers de l'étage supérieur sont arrêtées à sa base et constituent un niveau de sources, parmi lesquelles il en est qui sont passablement abondantes. D'un autre côté, le dépôt en question a pu résister plus énergiquement que les sables et les conglomérats aux grandes érosions dont la contrée a été le siége, de façon qu'il dessine souvent un gradin dont la saillie contraste remarquablement avec les rampes de la plupart des vallons. Ces détails permettent d'ailleurs de comprendre comment, en s'aidant tantôt des sources, tantôt des gradins, on peut arriver à reconnaître parfaitement la position de cette nappe lignitifère, même là où elle est complètement masquée par la terre végétale et par quelques éboulis.

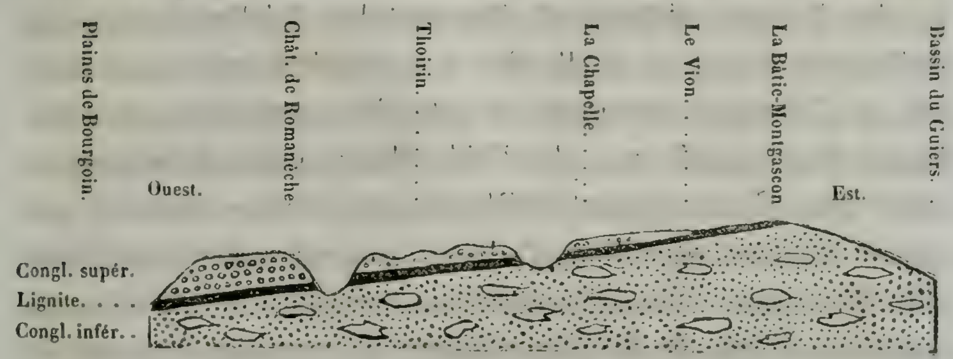
L'étage supérieur se compose d'une grande masse de poudingues, dans laquelle sont enchevêtrés des coins de sables, des couches lenticulaires, de manière que la totalité pr é sente un aspect essentiellement confus et tourmenté. Tout indique ici des courants énergiques qui, succédant à l'espèce de calme sous l'influence duquel s'est constitué l'étage moyen, semblent, en quelque sorte, servir de prélude aux torrents diluviens.

151. Ceux-ci, complètement effrénés, entamèrent l'ensemble précédent de manière à décaper çà et là l'étage supérieur, à emporter sur divers points les argiles moyennes et à excaver quelques combes jusque dans l'étage inférieur. Après ce déblai, dû à leur première impétuosité, ils ont abandonné sur les nouvelles surfaces, horizontales ou pentives, un placage de cailloux et de sables remaniés, un tapis de lehm et un semis de blocs, que leur dimension ne permet pas de confondre avec les cailloux précédents. D'ailleurs ce revêtement, dépourvu de toute régularité, ne s'harmonise pas plus ici qu'à St-Fons avec la disposition des assises du terrain tertiaire

proprement dit, et l'on sait assez que cette discordance a été un des motifs qui déterminèrent M. Elie de Beaumont à établir une distinction entre les deux systèmes.

Utilisons actuellement ces indications sommaires pour atteindre notre but. Deux coupes rectangulaires entre elles auront bientôt fait justice de la prétendue dispersion des dépôts du lignite.

152. La première, établie dans la direction de l'est à l'ouest,



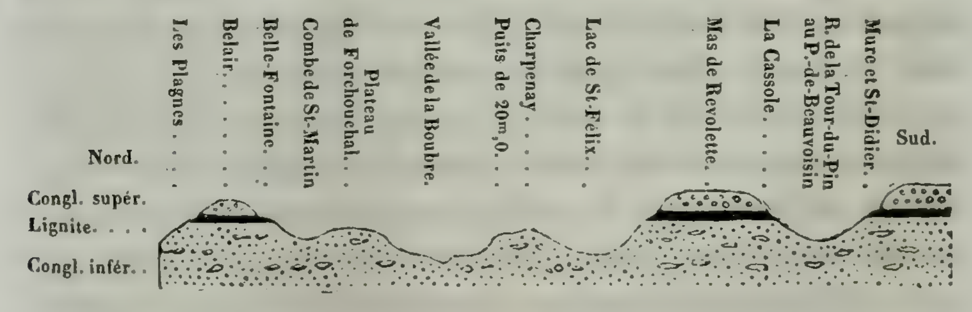
fait découvrir le combustible à la surface d'une arête qui, vers la Bâtie-Montgascon, sépare les eaux du Guiers de celles de la Boubre. La position de cet affleurement est parfaitement en harmonie avec ce que l'on doit attendre d'une couche sensiblement relevée de l'ouest à l'est, tandis que la pente du sol, quoique ascendante dans le même sens, affecte cependant une inclinaison encore plus douce.

Cette très faible différence des inclinaisons respectives explique d'ailleurs comment il se fait que l'affleurement se maintient, à peu de chose près, superficiellement jusqu'au Vion, et en cela toutefois il ne faut pas perdre de vue ce qui a été dit précédemment au sujet des érosions diluviennes. Dans le cas présent leur décapage a porté principalement sur les conglomérats supérieurs, dont l'ablation s'est trouvée limitée au plan qui constitue la surface actuelle et générale du district.

Cependant, en vertu de son inclinaison, la couche du lignite s'enfonce de plus en plus sous les conglomérats, de manière

qu'elle atteint déjà une certaine profondeur sur le territoire de la Chapelle, où cessent les exploitations. Cet arrêt m'ayant paru dépendre plutôt de quelques difficultés locales que de l'interruption fort peu probable d'une assise aussi régulière, j'ai poursuivi mes explorations dans le même sens jusqu'à Thoirin, sous les propriétés de M. le docteur Viricel, où je ne tardai pas à en rencontrer les indices, soit à mi-côte sur les rampes de la Boubre, soit dans une combe profonde que domine le vieux château de Romanèche; ici l'on retrouvera facilement les traces du lignite et les argiles avec leurs hélices, et si l'appauvrissement du gîte n'en permet pas l'exploitation, il ne justifie non plus l'idée d'une terminaison proprement dite. En me basant d'ailleurs sur d'autres données qui seront relatées plus loin, j'admets son extension immédiate vers Bourgoin, où tout l'ensemble encaissant a été découpé jusqu'au niveau de la plage basse qu'occupent les marais tourbeux traversés par la Bourbre; on verra même que si je m'arrête pour le moment ici, c'est uniquement parce qu'il n'est pas encore question de pousser cette coupe plus loin.

153. Dans le sens transversal, N-S, le lignite paraît au premier aspect présenter des solutions de continuité bien autrement évidentes que les précédentes. Cependant, tout bien considéré, il ne s'agit encore ici que d'interruptions occasionnées par les érosions dont la coupe suivante donne l'image :



Cette coupe présente d'abord l'affleurement du combustible aux Plagnes, dans la commune de la Chapelle, et il se mon-

tre également sur l'autre versant, vers Belle-Fontaine, endroit ainsi nommé à cause de la grosse source que le lignite y fait naître. La masse est ensuite coupée par la combe de Saint-Martin; elle ne reparaît pas sur le plateau de Forchouchal par une raison facile à découvrir. En effet cette surface est sensiblement moins élevée que le niveau de Belle-Fontaine, et il en est de même de l'autre côté de la vallée de la Boubre sur le territoire de Charpenay. Ici un puits, foncé jusqu'à la profondeur de $20^{m},0$, dans le but de chercher la couche, a fourni des sables et des cailloux; avec un peu plus de tact géologique, on aurait compris que ce travail avait à traverser les seules assises du conglomérat sableux inférieur; sa position était négative. Au-delà du lac Saint-Félix, le sol s'exhausse; aussi l'on voit affleurer les lignites, au nord sous le Mas-de-Revolette, et au sud près de la Cassole. Enfin la vallée dans laquelle est établie la route de la Tour-du-Pin au Pont-de-Beauvoisin vient de nouveau intercepter la couche, qui n'est d'ailleurs pas exploitée au-delà vers Saint-Didier et Mure; mais le niveau des sources en indique suffisamment l'extension dans ce sens.

Ces détails ne permettent pas de douter que l'ensemble de l'étage à lignites fut parfaitement continu dans l'origine, ses lacunes étant suffisamment motivées par les déblais déjà indiqués. Ils ont été portés à leur maximum sur les deux côtés de la grande vallée de la Boubre, parce que les torrents diluviens dirigèrent leur principal effort dans ce sens. Il suffit d'ailleurs de jeter un coup-d'œil sur l'ensemble de la contrée, d'examiner ses molles ondulations, les anastomoses de ses vallons, la configuration de ses buttes, dont les abruptes sont presque tous tournés à l'est, pour comprendre qu'une débâcle subite et intense, venant des Alpes, a seule pu façonner un pareil arrangement.

154. On vient de voir qu'à la Tour-du-Pin le lignite est ex-

ploité sur une superficie de plusieurs kilomètres carrés ; mais les observations de MM. Héricart-de-Thury, Gueymard, Lory et Gras, démontrent qu'il s'étend beaucoup au-delà dans diverses directions. Vers le nord, on en retrouve des traces à Douvres, dans le département de l'Ain, et même, dit-on, à Cuizeaux dans la Bresse chalonaise. A l'est, il est visible sur les territoires de la Chapelle, de la Bâtie, de Saint-Clair, et M. Elie de Beaumont le fait remonter jusqu'en Savoie, à Novalèse, à Barberaz, à Bisses, à Motte-Servolex et à Sonnaz près de Chambéry. Du côté de l'ouest on suit ses couches à la Verpillière, à Marenne auprès de Saint-Symphorien-d'Ozon. M. Jourdan a retrouvé ces lignites sous le clos Rozier à Heyrieux, et a signalé un gisement encore plus remarquable par sa position au-dessous du niveau de l'étiage de la Saône : il est situé sur sa rive droite, près de la maison Faye, sur la limite des communes de Saint-Rambert et de Collonges, aux environs de Lyon ; la présence du combustible, ainsi que celle des planorbes et des hélices, ne permettent pas de mettre en doute sa correspondance avec les assises de la Tour-du-Pin. Enfin, en s'éloignant au sud, le même système se montre à Montrevel, Doissin, Bizonne, Biol, Blandin, Chelieu, Saint-Hondras, aux Abrets, à Hauterives, Voreppe, Tullins, Montmiral, Montmeyran, la Baume-Cornillane, et par conséquent jusque dans l'intérieur du département de la Drôme.

155. Cette multiplication des affleurements, combinée avec le résultat des grandes érosions du terrain, est certainement bien de nature à faire mettre de côté la chimérique idée des petits dépôts locaux et circonscrits ; car enfin où sont les limites du dépôt? Au sud il commence là où apparaît le conglomérat lui-même ; on vient de voir qu'à l'ouest il vient butter contre les terrains primordiaux de la base du Mont-d'Or lyonnais. C'est donc vers le nord qu'il faudrait chercher l'extré-

mité de cette accumulation végétale; mais tant que les profondeurs des plaines de la Bresse, de la Dombes, de la Franche-Comté et de la Bourgogne n'auront pas été convenablement explorées, on sera en droit d'admettre que dans ce sens son étendue est aussi grande que celle des autres parties de la formation dont elle est un des membres. Sans doute une nappe qui se prolongerait depuis Valence jusqu'à la latitude de Gray et de Baume-les-Dames, n'est pas à comparer avec les grandes sédimentations marines; toujours est-il satisfaisant de voir les terrains tertiaires, humbles produits d'une nature supposée vieillie et épuisée, dépasser de beaucoup les bornes posées par les anciennes prévisions.

On remarquera maintenant qu'en indiquant la possibilité de cette extension, je n'ai en aucune façon la prétention de soutenir que la couche de ce lignite d'eau douce se montrera partout exploitable. Dans le Dauphiné, où elle se montre avec une puissance de $0^m,85$ près de la Tour-du-Pin, son épaisseur se réduit à $0^m,20$ et même à $0^m,15$ à Panissage et aux Abrets. Sur d'autres points, elle ne consiste plus qu'en simples feuillets de combustible, qu'il serait impossible, industriellement parlant, de détacher des argiles encaissantes; aussi ne s'est-on guère inquiété de sa présence, et cette circonstance n'a pas peu contribué à faire admettre la localisation de ses gisements. Il arrive encore que l'argile apparaît seule, mais ces accidents se présentent également dans les parties des dépôts houillers qui ont leurs *renflements* et leurs *étreintes* ou *coufflées*. Ces dernières n'ont guère fait supposer que la couche était réellement terminée; d'ailleurs une logique poursuite des travaux a d'ordinaire fait franchir ces sortes d'accidents. Si donc ils sont plus sensibles pour le lignite, il ne faut en chercher la cause que dans la faible épaisseur du dépôt, dans la valeur assez exiguë de la matière, et nullement dans un arrêt réel de l'ensemble.

156. A côté des oblitérations de la couche de lignite il faut ranger sa subdivision en plusieurs assises par suite d'intercalations de grès ou d'argiles. A la Tour-du-Pin, où règne souvent une grande régularité, avec une inclinaison très faible, M. Drian a remarqué des *mises* marneuses qui déterminent une sorte d'exfoliation en deux, ou même en trois bancs, absolument de la même manière que les couches de houille de Rive-de-Gier sont partagées par le *nerf*. D'ailleurs l'argile du mur se surcharge de lamelles de lignite, dont la quantité augmente progressivement jusqu'à la rencontre du banc proprement dit. En cela le gîte offre encore un point de ressemblance avec les argiles schisteuses des terrains houillers, dans lesquelles sont également incorporés des débris de plantes.

Les observations de M. Davat sur le dépôt de Sonnaz, près du lac du Bourget, vont ajouter de nouveaux traits à ces détails. Ce gîte se trouve dans un coteau qui s'étend d'une part de Ragès à la Croix-Rouge en passant par Sonnaz, et de l'autre depuis Ragès à la Boisse en passant par Candie; on retrouve encore ces mêmes lignites à la Motte, etc.

A Sonnaz la coupe du terrain présente la série suivante:

Cailloux superficiels.	ÉPAISSEUR VARIABLE.
Sables	50 m,00
Terres et graviers.	2 00
Lignite.	1 30
Terre	0 30
Lignite.	0 10
Terre glaise	0 05
Lignite avec planorbes	4 00
Terre glaise coquillière	1 30
Sable pur	0 13
Terre et sables mélangés.	0 50
Terre	1 60

Sables	»m,	»
Terre grise coquillière	1	30
Lignite.	0	10
Argile blanche avec hélices, planorbes. . .	4	00

Ces assises sont d'ailleurs à peu près horizontales et régulières.

Enfin, comme dernier exemple, je citerai la coupe d'Anjou, station située près de la Côte-Saint-André, sur la rive gauche de la Somme. M. Héricart-de-Thury en donne le détail suivant :

Terre végétale, mêlée de beaucoup de cailloux.

Amas de galets de diamètre varié et de marnes argileuses.

Marnes argileuses.

Banc d'argile bleue.

Première couche de lignite, contenant quelques galets, des terres argileuses, et une grande quantité de coquilles fluviatiles et terrestres aplaties ou écrasées.

Banc de galets et de cailloux.

Banc d'argile bleue.

Deuxième couche de lignite. Banc d'argile blanche, contenant des branches, des troncs d'arbres et des racines plus ou moins bien conservés.

Argiles rougeâtres et bleuâtres, souvent en couches séparées, et quelquefois mélangées ou confondues ensemble.

Troisième couche de lignite : Bois bitumineux, très épais et très compacte.

Ici les lignites sont d'autant plus purs que l'on s'enfonce davantage; la première couche, ainsi qu'on l'a dit, est caillouteuse; la seconde est déjà plus homogène et plus compacte, et ces qualités sont encore plus remarquables dans la troisième, qui se rapproche en quelque sorte de la houille. Ces détails sont également une reproduction trop exacte de quelques-uns des accidents bien connus de la stratification

houillère pour qu'il soit nécessaire de nous y arrêter plus longtemps; je vais donc compléter ces documents par l'exposé des caractères du lignite lui-même.

157. Dans les mines de la Tour-du-Pin, ce combustible est souvent assez tenace pour pouvoir être détaché à la hache. Cependant sa masse affecte une structure schistoïde que la dessication met en évidence d'une manière plus complète en déterminant son exfoliation partielle. Dans ce cas on découvre à la surface des feuillets des indices manifestes d'impressions végétales, couchées parallèlement au plan des couches et dirigées dans divers sens. Les lames se composent de parties bituminisées, de manière qu'il n'est guère possible de reconnaître, ni les troncs aplatis, ni les feuilles, ni les végétaux herbacés, dont le plexus peut leur avoir donné naissance. Dans d'autres lieux, l'état d'altération est poussé au point de produire des nœuds ainsi que des rognons de jayet noir, compacte, ligniforme et de très belle qualité; ces particularités ont été remarquées à Sainte-Blandine et à Pupetières près Virieu. On rencontre de plus, autour du Vion, un magnifique charbon minéral, à longues fibres incohérentes, lustrées et couchées çà et là entre les lames, de manière à rappeler celui des couches houillères (106). Enfin quelques troncs ou souches sont encastrés au milieu de ces produits; ils sont en partie brunis comme ceux de la *terre d'ombre* (111); en partie aussi ils sont bituminisés (112); ils sont assez souvent silicifiés, de même que ceux des terrains houillers (55), et alors leur ténacité se combine avec une extrême dureté. Au milieu de ces accidents, on ne découvre aucun grain de sable, et à plus forte raison aucun caillou, dans ce combustible, dont la pureté générale n'est altérée que par quelques filets calcaires ou par des argiles très divisées. Les pyrites y sont très rares ou simplement accumulées sur quelques points.

A Sonnaz, les parties constituantes de la masse sont plus distinctes; d'après M. Davat, on y reconnaît un mélange confus de graines de rumex et de débris de bouleau, de genévrier, de sapin avec ses cônes, de cerisier, de noyer, entremêlés de plantes de la famille des cypéracées, ainsi que des joncs. M. l'abbé Chamousset y ajoute des élytres d'insectes, des planorbes et des spirorbes.

158. Ainsi donc l'ensemble de l'arrangement de ces lignites d'eau douce est le résultat de causes assez complexes. Des périodes de calme ont suspendu l'action des masses torrentielles qui charriaient les cailloux, et alors la végétation tourbeuse s'établissait sur une place, tandis qu'elle se trouvait exclue ailleurs par suite de quelques modifications dans les circonstances locales. Dans d'autres moments, les courants augmentaient la somme des détritus accumulés dans les marécages, en amenant de divers points les souches, les débris d'arbres et d'arbustes qui évidemment n'ont pas pris leur croissance sur le même sol; il est encore arrivé que le changement du régime des eaux favorisa temporairement le transport de matières très divisées, telles que les argiles, dans lesquelles les hélices terrestres se trouvent confondues avec les planorbes aquatiques. A la Tour-du-Pin, les afflux étrangers se sont bornés à produire les simples nerfs qui ont subdivisé l'entassement ligneux; mais plus loin, des mouvements plus énergiques interposèrent leurs cailloux et leurs sables, et dans tout cela rien n'est en contradiction avec les idées que l'on peut se faire au sujet d'une vaste pièce d'eau, inégalement profonde, traversée par des fleuves doués d'un régime variable, et qui d'ailleurs pouvaient se subdiviser en plusieurs branches, accompagnées de leurs remous.

Au surplus le résultat des actions complexes, mécaniques, chimiques et organiques, qui ont présidé à l'arran-

gement et à la composition de ces dépôts lignitifères, offre une reproduction si exacte des irrégularités des gîtes houillers qu'il est impossible d'établir entre eux une distinction tranchée. Les uns et les autres doivent être considérés comme étant essentiellement caractérisés par les produits d'une cause capitale, toujours prête à agir, et se mettant à l'œuvre du moment où les conditions favorables se rétablissaient. Cette cause est la végétation. Toutefois, entre les accumulations du carbone de la houille et de celui du lignite, il faut voir l'immense différence qui a existé entre l'atmosphère ancienne et l'atmosphère moderne; la composition, ainsi que la température de l'air, n'étant plus les mêmes, l'activité de la végétation dut s'en ressentir. Il y a aussi de part et d'autre ce contraste qui doit résulter de l'état éminemment aquatique de la surface terrestre, encore peu bosselée aux anciennes époques; tandis que plus tard, l'action successive des soulèvements, exhaussant graduellement les chaînes montagneuses, arrivait à concentrer les mers dans leurs domaines actuels. Voilà pourquoi les lignites du conglomérat lacustre bressan ne sont en dernier ressort que d'exigus simulacres des masses houillères couchées au milieu des sédiments marins!

CHAPITRE IV.

De l'arrangement général des terrains houillers en France.

Indications préliminaires.

159. Malgré la quantité des faits déjà mis en avant pour établir l'extension des terrains houillers, les esprits sceptiques pourraient encore craindre d'accorder leur confiance aux nouvelles propositions, si elles n'étaient pas confirmées par des

démonstrations d'un genre entièrement différent de celui qui a été suivi jusqu'à présent. Une analyse détaillée de chaque particularité, et qui ramène constamment aux mêmes conclusions, peut sans doute être d'un grand poids dans la balance; mais une synthèse, par laquelle tant de membres épars à la surface de la France se trouveront raccordés, est de nature à frapper plus vivement ceux qui se plaisent à voir, comme en un tableau, l'existence d'un grand ensemble parfaitement coordonné. Je vais donc compléter ma tâche en adoptant cette nouvelle méthode, d'après laquelle il suffira de suivre les gisements du terrain houiller, et de tirer de leur disposition des preuves en faveur de mon opinion. Cette revue sera faite à l'aide de la *Carte géologique de la France*, à laquelle j'ajouterai simplement les menus détails que les découvertes récentes m'autorisent à accepter. Ceux-ci sont indiqués sur les planches jointes à cette notice, et auxquelles je renverrai en temps convenable.

160. Une inspection générale de l'œuvre de MM. Elie de Beaumont et Dufrénoy fait bientôt ressortir un parallélisme vraiment remarquable dans la disposition des lisières de la plupart de nos formations sédimentaires. Partout elles enveloppent de très anciennes protubérances, principalement composées de roches cristallines; elles s'élevent plus ou moins haut sur leurs flancs, elles se retirent par intervalles, ou transgressent inégalement les unes sur les autres, mais sans jamais anticiper au point qu'il soit permis d'affirmer que les contours des mers génératrices aient été déplacés d'une manière très sensible pendant la longue période secondaire.

Les massifs cristallins entourés par ces circonvallations sont au nombre de sept, et, à partir du nord, on peut indiquer brièvement leur distribution de la manière suivante:

1° Ardenne et Hundsruck, dont l'ensemble traverse le Rhin, du S O au N E, pour pénétrer dans la Vétéravie;

2° Vosges, courant du SSO au NNE depuis les Ballons de Giromagny jusqu'à Schirmeck; il faut y joindre un appendice près de Wissembourg; et, en regard, se trouvent, de l'autre côté du Rhin, les montagnes de la Forêt-Noire, suivies de l'Odenwald;

3° Noyaux des Alpes orientales, occidentales et maritimes, formant le grand rempart de l'Italie depuis l'extrémité du Tyrol jusqu'à Tende;

4° Chaînes des Maures et de l'Esterel, longeant les côtes Méditerranéennes d'Antibes à Toulon;

5° Pyrénées, dirigées de l'ONO à l'ESE, entre le golfe de Gascogne et la Méditerranée;

6° Massifs Vendéen, Breton et Normand, étalés dans l'espace littoral compris entre la Sèvre-Niortaise et le cap la Hogue.

7° Dans ce cadre se trouve la grande gibbosité de la France centrale, à laquelle se rattachent le Morvan, les chaînes Charolaise, Beaujolaise, Forézienne, Lyonnaise, Cévenole, celle de la Montagne-Noire, ainsi que l'appendice du Rouergue. Ces parties laissent entre elles de profondes articulations et sont sillonnées de diverses cannelures, sur lesquelles on reviendra avec tous les détails nécessaires au fur et à mesure du besoin.

La régularité de l'arrangement des sédiments secondaires et tertiaires autour de ces proéminences amène au corollaire suivant: C'est que pendant un très long espace de temps la surface de la France a été représentée par des îles semées çà et là au milieu d'un océan primordial.

Ce fait étant d'ailleurs acquis à la science, il reste à démontrer que les terrains houillers sont assujettis à des arrangements identiques à ceux des autres formations postérieures, et la conséquence naturelle de ces rapprochements sera de faire intervertir les anciens énoncés, en obligeant à

substituer aux *bassins lacustres*, supposés dispersés sur les parties anciennement émergées du pays « des *détroits*, des « *canaux*, des *bras de mer* qui enlaçaient les membres épars « d'un antique archipel. Les couches à combustible ont reçu « de ses îles une partie de leurs matériaux, tandis que le « charbon a été surtout fourni par la végétation marine de « l'époque. »

161. Pour écarter toute cause d'hésitation au sujet de mes énoncés subséquents, je ferai de suite remarquer qu'ils sont le plus souvent basés sur un principe très élémentaire, qui peut être présenté sous la forme suivante :

« Si des couches houillères sont disposées de manière à « s'enfoncer ostensiblement sous celles d'une autre forma- « tion, on est en droit d'admettre que la réapparition des « premières à l'autre extrémité de celles-ci est la conséquence « d'une prolongation souterraine parfaitement continue. »

Cette liaison a toujours été admise sans contestation pour les autres terrains. Il est, par exemple, reçu que le système crétacé qui apparaît en Champagne, s'étend sans solution de continuité sous les terrains tertiaires parisiens, et vient de nouveau affleurer sur les côtes de la Normandie. C'est d'ailleurs en partant de cette proposition qu'il a été permis de poursuivre le sondage de Grenelle, de manière à arriver avec quelque connaissance de cause à rencontrer une nappe d'eau abondante.

De même, les étages jurassiques qui se relèvent dans les montagnes subalpines avec des caractères identiques à ceux qu'ils possèdent sur les flancs de la chaîne cévenole, ont toujours été regardés comme faisant partie d'un même ensemble, malgré la superposition des terrains néocomiens et des divers étages tertiaires qui remplissent la concavité du bassin du Rhône.

Eh bien! aucun fait n'étant venu démontrer jusqu'à pré-

sent que ce théorème n'est pas également vrai pour la formation houillère, on est autorisé à avancer que les couches d'Alais, par exemple, sont liées aux masses qui percent au jour à Toulon, dans le département du Var. Sans doute elles auront pu s'amincir, s'appauvrir, se modifier plus ou moins dans le sens de cette étendue; mais ces sortes de changements, qui se font aussi remarquer dans les divers calcaires, dans les bancs de grès et d'argile, n'empêcheront pas le mineur de reconnaître son terrain; et de ses apparitions simultanées sur deux revers opposés d'une même concavité, il déduira naturellement l'intimité d'une connexion souterraine.

Ces divers principes étant bien arrêtés, je vais entrer en plein dans la question, et mon point de départ devra naturellement être pris dans les masses dont l'origine pélagique est déjà admise à cause de leur étendue. Si ensuite ma pérégrination le long des anciens littoraux me conduit à faire ressortir leur liaison avec des zones d'une apparence plus exiguë; si je trouve dans celles-ci des caractères de position capables de faire comprendre que, du grand au petit, il existe la simple différence qui peut résulter d'un dégagement plus ou moins étendu; si les dispositions relatives sont les mêmes; si, en un mot, tout concorde de part et d'autre, j'aurai incontestablement porté le dernier coup à une théorie surannée. Dans le cas contraire, j'accorde que l'on sera parfaitement en droit de mettre au néant mes annonces anticipées.

Corrélations des gîtes houillers du N O et du Nord.

AFFLEUREMENTS BELGES.

162. L'inspection d'une carte, sur laquelle serait figurée la superficie houillère marine concédée à l'Angleterre et à la Belgique (8), montre spécialement, qu'à partir de Condé et de Marchipont, une longue bande charbonneuse s'étend de l'O SO à l'E NE, jusqu'auprès de Rolduc et d'Aix-la-Chapelle.

Elle repose sur le calcaire carbonifère, qui affleure de part et d'autre, de manière à en former les bordures méridionale et septentrionale, sur la majeure partie de son extension. Celui-ci est à son tour superposé sur des terrains de transition dévonien et silurien, qui au nord tendent à s'effacer rapidement sous les dépôts tertiaires de Bruxelles. Au sud, ces mêmes formations inférieures se développent plus largement, en se relevant par degrés vers Chimay, Givet et Marche contre le massif de l'Ardenne.

Il résulte de cette disposition que la zone houillère en question est placée au milieu d'un pli longitudinal du terrain ancien, représentant une véritable vallée souterraine, dont la largeur d'environ 12 kilomètres, sur une longueur de 220 kilomètres, ne dépasse pas sensiblement les dimensions de celle que parcourt le Rhône depuis sa source jusqu'à Genève; encore faut-il noter que quatre des principaux gîtes apparents de la France forment un ensemble aussi étendu que tout ce sol houiller de la Belgique. Celui-ci n'est donc pas un objet qui mérite d'emblée le titre de dépôt pélagique; aussi faut-il partir de considérations d'un autre ordre pour arriver à admettre cette origine.

163. A cet égard je ferai d'abord remarquer que la dénomination de *Bassin du Nord de la France et de la Belgique*, appliquée habituellement à ce gisement houiller, n'a rien d'absolu. En effet, les parties de Rolduc et d'Eschweiler sont séparées l'une de l'autre par une dénudation qui permet au calcaire carbonifère de percer au jour, et une circonstance pareille se manifeste entre Andenne et Namur. Sur d'autres points, par exemple, à Aix-la-Chapelle, à Visé, à Limbourg, à Liége et à Huy, les nappes houillères, sont au contraire, masquées de diverses manières par les dépôts crétacés. De Namur à Charleroi, un autre placage houiller s'enfonce sous le terrain tertiaire des sources de la Haine. Enfin, autour de

Mons, un ensemble crétacé et tertiaire, surmonté d'alluvions, laisse encore voir les affleurements de Roeuls, de Quievrain et de Condé. Nonobstant ces morcellements réels ou simplement figuratifs, les géologues n'ont pas hésité à supposer la continuité générale du système. Les motifs qui déterminèrent leur conviction, les porteront sans doute à accorder pareillement que les couches houillères sporadiques, fixées dans divers autres plissements, à Gesve, Modave, Linchet, Bois, Bende, Saint-Aubin et Warnant, en se rapprochant de l'Ardenne, ont été originairement autant de parties intégrantes de la grande zone belge. En tous cas, étant placées dans des sillons parallèles les uns aux autres et au milieu de l'expansion méridionale du calcaire carbonifère, considéré comme le signe caractéristique d'une origine marine, elles ne se prêtent guère à l'application de la théorie des *bassins lacustres*, bien qu'elles ne dépassent pas la dimension de la plupart de ceux qui sont supposés exister dans l'intérieur de la France; il est plus naturel de les considérer comme étant de simples lambeaux détachés de la masse principale par les dislocations et par les érosions, dont ils seraient ainsi les premiers exemples qui se présentent sous nos pas.

Les divers fragments étant ainsi raccordés entre eux, il s'agit de s'attacher plus spécialement aux deux extrémités du dépôt de la Belgique.

164. Faute de soulèvements d'une intensité suffisante, celui-ci s'efface à l'E N E, vers Duren en Prusse, sous les grandes plaines des Pays-Bas rhénans. Mais sur la rive droite du fleuve, en Westphalie et dans le comté de Mark, à l'extrémité du Rothhaargebirge, prolongation géologique de l'Ardenne, on voit un nouveau gisement houiller, qui s'étend de Mulheim à Unna dans le plat pays du bassin de la Ruhr. Il donne lieu à des exploitations très productives, et sa position, jointe à la distance assez peu considérable qui le sépare d'Aix-la-Cha-

pelle, a dû porter à admettre sa connexion souterraine avec la zone belge. La prévision géologique a été confirmée pleinement, en 1854, par les recherches exécutées près de Dusseldorf; car à Homberg la sonde a fait reconnaître, à la profondeur de 156 mètres, une belle couche de houille, d'excellente qualité. Un autre percement, établi à Lauer, également sur la rive gauche du Rhin, est parvenu, à la même époque, jusqu'à 200 mètres, sans avoir jusqu'alors rencontré le charbon.

166. A l'OSO, la bande houillère d'Aix-la-Chapelle, de Liége et de Mons s'enfonce également sous les terrains secondaires des environs de Valenciennes, de façon que sa porlongation a pu être retrouvée à Anzin par le mineur Vte des Androuins (15). Dans l'hypothèse que la direction primitive ait été conservée, on pouvait espérer d'obtenir le même succès en plaçant de nouveaux puits quelque part entre Arras et Cambrai; mais ces tentatives sont restées infructueuses, et l'on est arrivé à reconnaître que la chance d'une découverte au sud de Marquise, ainsi que de Douai, est excessivement minime. Sous l'illusion des espérances pour ce côté, on n'avait pas suffisamment tenu compte des accidents qui déjà antérieurement ont pu modifier le relief de la contrée. En effet, une inflexion sensible vers le NO se manifeste à partir de Mons, et de plus, à proximité de Boulogne, un exhaussement du calcaire carbonifère, étudié par M. Rozet (70), se trouve flanqué des gisements houillers de Hardinghen et de Ferques. Ces circonstances rendaient très probable l'existence d'un axe de soulèvement, croisant celui de l'Ardenne, de manière à former un golfe très ouvert, ou, si l'on préfère, une grande courbe, dont la corde visible s'étend de Boulogne à Aix-la-Chapelle, et dont la flèche aboutit à Chimay. C'est parallèlement à la convexité de cet arc de cercle qu'affleurent les couches du terrain houiller; leur pendage général

devant avoir lieu du côté de la Belgique, où l'on découvre d'ailleurs plusieurs réapparitions du calcaire carbonifère dans les parties riveraines de la Senne et de la Dyle.

167. En suivant ces indications, quelques explorations, portées directement vers le nord, pourraient aboutir à la houille. On ne devra jamais perdre de vue qu'en regard de l'Ardenne, le terrain se relève sur le sol anglais, dans la vaste bande de Derby, Sheffield, Leads et Newcastle, l'intervalle étant rempli par les terrains secondaires et tertiaires dont il conviendra de mesurer l'épaisseur (1). C'est là qu'était établi un des bras de mer de M. Elie de Beaumont (8). Provisoirement les mineurs, guidés par les indications de notre célèbre géologue, ont suivi la ligne des affleurements dans sa courbe, vers le Boulonnais. Divers sondages, dont M. Lacretelle, l'un des directeurs de ces travaux, m'a fait connaître les résultats, ont permis de constater vis-à-vis de Lens que la largeur houillère est de 10 kil.; une recherche, placée par lui à Marle, près de Béthune, a parfaitement réussi; on s'est assuré en outre qu'au-delà de Lillers il existe un amincissement progressif, mais rien ne prouve qu'il ne sera pas suivi d'un élargissement subséquent, et en tous cas la superficie houillère du Nord, avec toutes ses lignes parallèles de couches de diverses qualités, placées dans leur ordre de superposition bien connue, est actuellement plus que doublée pour la France. D'après M. Delanoue, les nouvelles entreprises devront se porter au Nord, de Caffiers, et il est très probable que le terrain charbonneux borde le vieux grès rouge au N de Guines, de même qu'au N d'Aix-en-Gohelle, de Bouchain, etc., etc. Au surplus, pour les menus détails concernant l'état tourmenté de l'ancien sol de la Belgique, ainsi que les relations de la houille avec ses divers replis et ses érosions, il faut renvoyer aux excellents aperçus consignés dans l'*Explication de la Carte géol. de la France*, t. I,

dans le *Traité des Combustibles minéraux, par M. Burat*, et encore aux travaux de MM. les géologues belges Cauchy et Dumont. On y trouvera les points de départ nécessaires pour se guider convenablement dans les études circonstanciées, qui nécessairement précèderont des essais plus hardis, qu'une époque plus ou moins éloignée verra tenter au large des affleurements sur lesquels on s'est maintenu jusqu'à ce jour. Mon but actuel, on a suffisamment dû le comprendre, n'est pas de décrire des gisements, mais de suivre les allures générales de la formation, dont les particularités appartiennent plus spécialement à l'art des mines.

AFFLEUREMENT PRUSSIEN.

168. En franchissant le massif de l'Ardenne, de l'Eiffel et du Hundsruck, on trouve sur le versant opposé à celui de la Belgique une autre grande bande houillère, qui se prolonge superficiellement depuis Kreutznach jusqu'à Sarrebruck, suivant une direction à peu de chose près parallèle à la précédente. Étant masquée au NE, à partir de Kreutznach, par divers terrains récents, il est impossible de constater sa connexion avec la zone belge, bien que la soudure puisse exister dans les profondeurs du sol germanique. On se contentera donc de savoir que l'indétermination de la limite de ce côté ne permet pas d'affirmer que le gite est réellement contenu dans un *bassin*. D'ailleurs, bordé au SE par les Vosges, et au NO par le Hundsruck, sa forme allongée fait plutòt naître l'idée d'un détroit, et cela d'autant mieux qu'il n'y a pas plus de limites au SO que vers le NE. Cette circonstance provoqua pour ce côté des tentatives du même genre que celles qu'avaient fait naître la bande belge. Un premier essai très timide, fait à Schœnecken, hameau français, situé près de la frontière, et à une lieue seulement à l'ONO de Sarrebruck, a fait découvrir sous le grès vosgien la houille qui est

consumée à Forbach, aux forges de MM. de Wendel. Ce succès a déterminé M. Elie de Beaumont « à donner l'es-
« pérance de voir le terrain houiller s'étendre sous une partie
« notable du département de la Moselle, et, ajoute-t-il, il y
« aurait peut-être lieu d'y faire des recherches par la voie
« du sondage, non dans une seule localité, restreinte comme
« celle de Schœnecken, mais en les dispersant sur l'espace
« compris entre Sarrebruck, Metz et Sierck, suivant une
« combinaison basée sur l'allure connue des couches houil-
« lères dans l'ensemble du bassin de Sarrebruck..... Peut-être
« le terrain houiller de Sarrebruck est-il lié à ceux de l'Ouest
« de la France, Vendée et Bretagne, par une suite d'autres
« bassins cachés au-dessous des terrains secondaires plus
« modernes. Les relations que nous avons indiquées dans
« la composition des parties supérieures des terrains houil-
« lers d'Autun, de Villé, de Sarrebruck et de Littry, sem-
« blent démontrer que, bien que ces quatre bassins fussent
« sans doute discontinus, le terrain houiller doit s'y être
« déposé sous l'influence de circonstances analogues. »

Ces propositions ne passèrent pas inaperçues. MM. Mulot ont établi récemment deux sondages: l'un, placé à Creutzwald, atteignit des veinules de charbon à la profondeur de 133^{m},10; l'autre, situé près de Carling, donna au bout de 153^{m},80 une lame épaisse de 0^{m},12 et de très bonne qualité, de manière que tout autorise à croire que d'un jour à l'autre on pourra rencontrer une couche exploitable. Pour ma part, je ne cherche pas à établir autre chose que cette liaison intime, déjà pressentie par M. de Bonnard (7) et appuyée par M. Elie de Beaumont. La seule différence qui existe entre ma manière de voir et celle de ces savants ne porte que sur l'hypothèse d'une succession de bassins lacustres, à laquelle je propose de substituer une continuité plus intime. J'espère du moins que la suite mettra parfaitement à même d'opter entre les deux opinions.

169. Avant de quitter cette station, je juge encore convenable de faire remarquer que vers l'extrémité NE de la bande en question, sur les bords de la Glane, l'étage houiller proprement dit est recouvert par des calcaires et par des schistes marno-bitumineux, à empreintes de poissons (52, 64), dans lesquels on ne trouve que peu de houille de mauvaise qualité. Ce système supérieur s'étend au SO jusqu'à Lebach, près de Sarrebruck (59); mais ici il ne masque plus les assises du combustible, et le bassin de la Sarre se présente avec une richesse extraordinaire, qui peut se soutenir plus avant dans l'intérieur de la France. Cette indication est sans doute encourageante pour nous; mais elle doit l'être également pour nos voisins, qui jusqu'à présent se sont contentés du triste mode d'exploitation dit des *Krumhœlser-arbeit*, travail des *cous-tordus*, à l'aide duquel le mineur, constamment couché sur le flanc ou sur le dos, extirpe péniblement du sein de la terre quelques parcelles de charbon. Pourquoi n'auraient-ils pas le courage de pénétrer un peu plus profondément dans le sein de la formation, afin d'atteindre le niveau des couches de Sarrebruck? Toutefois il faudrait éviter les positions trop fortement influencées par les émissions porphyriques et par leurs métamorphismes (90). En même temps l'on s'assurerait si, en vertu de ses allures transgressives, l'étage marno-bitumineux ne s'introduit pas au NE beaucoup au-delà des parties productives de Sarrebruck.

Corrélations des gîtes houillers de l'E.

170. La France centrale est limitée à l'est par une série de montagnes, auxquelles, faute d'un nom univoque, je donnerai celui de chaîne Cébenno-Vosgienne. Cette longue arête culminante, on le sait assez, est loin de former un tout parfaitement continu; il est de plus reconnu qu'elle est remarquablemnt carbonifère; ma tâche actuelle consiste à faire ressortir les rela-

tions de ses accidents orographiques avec les gîtes houillers, de manière à mettre en évidence les indices de continuité de leurs diverses apparitions.

AFFLEUREMENT DU JÆGERTHAL.

171. La chaîne des Vosges commence à s'élever sensiblement au-dessus des plaines du Rhin vers Alzey, et acquiert une assez grande hauteur au Mont-Tonnerre, point culminant qui se trouve placé près du centre des éruptions porphyriques de la Glane. Cependant jusque là aucune dislocation n'a été assez intense pour déchirer l'épais manteau de grès vosgien sous lequel se dissimulent les terrains houillers. Il faut encore avancer jusqu'à la latitude de Landau pour trouver à Anweiler, sur le versant du Rhin, une percée de mélaphyres agatifères, parfaitement semblables à ceux d'Oberstein. Ce premier pointement des roches cristallines est bientôt suivi de celui des schistes endurcis des bords de la Lauter près de Wissembourg, ainsi que des syénites et porphyres du Jægerthal. L'apparition de ces roches constitue un phénomène d'autant plus obscur qu'elles sont pour la plupart reléguées au fond des vallées, et dominées par les capricieux et hardis escarpements du grès vosgien (19); mais les sensations du géologue ne sont pas celles de l'artiste; pendant que celui-ci lève ses yeux étonnés vers les crêtes façonnées à plaisir par la nature dans ses jeux, l'autre ne voit pas sans émotion les buttes plutoniques, qui sont pour lui l'annonce de quelque secret à découvrir. Cependant je n'insisterai pas sur les longs filons de fer et de plomb du pays, allignés suivant un axe mené d'Anweiler au Jægerthal, car je les ai suffisamment fait connaître dans mes *Etudes sur les gîtes métallifères* (1834) et dans mes *Résultats sommaires d'une excursion dans les Vosges* (1846), notices parmi lesquelles M. Daubrée a puisé d'utiles données pour sa remarquable *Description géologique*

du Bas-Rhin (1852). En ce moment ne perdons pas de vue la question du combustible.

172. Or, près du Muhlberg, dans les environs du Jægerthal, on a trouvé des indices de houille encaissés dans un grès composé en grande partie de granite désagrégé; ils ont été l'objet de quelques recherches, faites en 1812 par un habitant de Brumath, qui dut abandonner ses travaux à cause de l'exiguité des résultats auxquels il est parvenu. Il ne pouvait guère en être autrement sur l'extrême bord de la formation charbonneuse; mais la question se présente sous une toute autre face quand on envisage l'ensemble des relations. En effet, dans la bande houillère comprise entre le Hundsruck et les Vosges, le terrain est lié par voie de métamorphisme avec les mandelsteins agatifères, et la même relation se reproduit évidemment sur le versant oriental de la dernière chaîne, puisque les couches du Jægerthal se trouvent placées sur un axe qui conduit aux mélaphyres d'Anweiler. Je me crois donc dès à présent en droit de conclure que, sous la couverture du grès rouge et du grès vosgien, le système de Sarrebruck et de la Glane contourne la pointe septentrionale des roches cristallines vosgiennes, de manière à gagner le bassin du Rhin, et ici il reparaît de la manière la plus naturelle précisément sur le point de la contrée où un soulèvement très récent a fait émerger les roches anciennes. Je dis très récent, car sur la prolongation sud de l'axe d'Anweiler on trouve près de Gundershoffen un gros filon de basalte, qui, sans doute, n'est pas parvenu à s'établir au milieu du lias sans avoir au préalable déchiré l'écorce terrestre.

En terminant je prendrai la liberté de rappeler que, déjà en 1846, j'ai émis à l'égard de cette partie une proposition qui aura dû paraître trop téméraire pour mériter l'attention de ceux qui n'ont jamais réfléchi à l'importance du caractère de l'association. Je concluais alors « qu'il serait

« curieux de voir un jour le mineur faire des recherches de « houille en se basant sur la découverte des mélaphyres aga- « tifères. » *(Rés. som. d'une exc. dans les Vosges.)* Puissé-je « être mieux compris dès à présent!

AFFLEUREMENTS DE VILLÉ.

173. L'apparition des roches d'Anweiler et du Jægerthal n'est qu'un simple prélude de l'exhaussement plus intense du vaste culot du Champ-du-Feu. Ici les syénites, les porphyres, les schistes métamorphiques et les calcaires s'élèvent à de grandes hauteurs; auprès de Schirmeck et de Russ, la profonde vallée de la Bruche montre des roches classées par MM. de Buch et Jourdan dans le système dévonien. Un peu plus loin, en aval, vers Herzbach, commencent à se développer des grauwackes, entièrement semblables à celles des environs de Thann; elles appartiennent par conséquent au terrain carbonifère, jusque-là masqué par les couches transgressives du grès vosgien et du trias.

Ces avant-coureurs de la houille ne peuvent, certes, pas être trompeurs. Mais on fera encore remarquer que le massif du Champ-du-Feu, s'élevant graduellement du N vers le S, est arrêté net par la singulière découpure qui constitue le val de Villé. Sa direction transversale de l'est à l'ouest, sa profondeur, ainsi que son étendue, ont d'autant plus excité l'attention des observateurs, qu'il se présente avec les caractères d'une véritable cluse, d'une vallée sans bout, et la vue y perce du versant alsacien jusqu'au côté lorrain. M. le docteur Mougeot a surtout fait ressortir ce qu'il y a de remarquable dans cette section, qui, passant par le col de Saales, laisse au nord l'ensemble des Basses-Vosges, et au sud celui des Hautes-Vosges avec leurs Ballons.

Cette dépression, sans doute très ancienne, n'est pas plus dépourvue des terrains de transition que les environs de

Schirmeck et de Framont; le grès rouge s'y prolonge comme s'il avait été déposé dans un détroit qui séparerait deux îles primordiales; là enfin le terrain houiller paraît au jour à Erlenbach et à Triembach. Celui-ci étant composé, indépendamment de la houille, d'une masse considérable d'argiles schisteuses, accompagnées de rognons calcaires, dut être considéré par M. Elie de Beaumont comme appartenant aux étages supérieurs de la formation, de même que celles d'Autun, de Saint-Gervais, de Littry, de Moschellandsberg, de Coal-brook-dale, etc. (65).

174. Jetons actuellement les yeux sur la *planche* III, et nous verrons divers autres gîtes houillers, placés sur les rampes des Vosges. Du côté alsacien ils sont établis non seulement aux endroits susdits, mais encore à Lalaye, à la Hingurie, au Hury, à Urbeis, au Bassemberg, à Tannenkirch, à l'ancienne verrerie de Ribeauvillé, à Dambach, au Schæntzel, au Hohwald, à Orschwiller, à Kintzheim, à Saint-Hippolyte, à Roderen, à Blienschwiller, à Nothalten, etc. Sur le versant lorrain, on trouve ceux de Lubine, de Gros-Rain et de Colroy, près des sources de la Meurthe. Leur éparpillement dans un espace restreint indique un état de ruine suffisamment justifié par de nombreuses failles et replis. On se souviendra à cet égard des rapides glissements de Lalaye (16), auxquels on peut ajouter les érosions, dont les progrès furent d'autant plus accélérés qu'elles avaient surtout à s'exercer sur des argiles schisteuses, déjà prédisposées par les déchirements à subir leur influence. Ces actions réunies ont morcelé exactement de la même manière le grès rouge et le grès vosgien de la contrée; leur lisière a été détruite, de façon que tous ces résultats doivent être considérés comme venant les uns à l'appui des autres. Du moins pour soutenir le contraire il faudrait aussi avoir étendu la théorie des bassins circonscrits à ces roches diverses, et jusqu'à présent je

n'ai pas entendu dire qu'elles aient été gratifiées d'une pareille faveur. D'ailleurs plusieurs lambeaux houillers sont évidemment en connexion intime, et s'ils paraissent séparés de leurs voisins, c'est souvent en vertu de superpositions ; de sorte que tout s'accorde ici pour donner un type complet des nombreuses causes d'erreur indiquées dès le début de cette notice (12, 18, 22, 24). La vérité parle même assez haut pour que M. Daubrée ait déjà cru devoir faire remarquer la liaison originaire de certaines parties; et je mentionne cette concession d'un ancien partisan des bassins circonscrits afin de l'étendre à la généralité, en déclarant que la disposition de ces lambeaux au travers de la chaîne est pour moi l'indice d'un ancien détroit, par lequel communiquaient deux mers riveraines de cette partie des Vosges.

175. Ce qu'il y a d'expressif dans les arrangements du revers occidental n'a pas échappé à M. Elie de Beaumont, puisqu'après les avoir indiqués, il ajoute: « Peut-être le dépôt houiller « de Lubine n'est-il que le commencement d'une série de dé« pôts houillers recouverts par les terrains secondaires des « plaines de la Lorraine. » Il est vrai qu'il ajoute plus loin : « Les liaisons qui peuvent exister entre ce dépôt et le grand « dépôt houiller des environs de Sarrebruck, ne pourraient « être que l'objet de conjectures plus ou moins hasardées. » Mais on remarquera qu'avec l'hypothèse des bassins lacustres, il n'était guère possible d'être plus affirmatif; l'on prêtera seulement aux expressions de l'éminent géologue leur véritable sens, quand on aura vu qu'en définitive la théorie de la formation marine ne peut susciter aucune objection fondée. En attendant, je dirai, de mon côté, que l'ordonnance générale indique qu'à l'époque houillère la gibbosité du Champ-du-Feu formait déjà une grande île, autour de laquelle s'étendait une mer qui remontait vers le Nord jusqu'au-delà de Sarrebruck, pour revenir par Anweiler et

par le Jægerthal dans le bassin du Rhin, d'où elle envoyait un bras au travers de l'assemblage qui aujourd'hui constitue les Vosges. Et si M. Elie de Beaumont a pu baser son énoncé sur la pointe que forme le terrain houiller vers les parties supérieures du cours de la Meurthe, à plus forte raison me sera-t-il permis de m'étayer du rapide épanouissement qu'il manifeste au débouché de la Liepvrette pour dire: Ici tout un golfe, actuellement déformé, s'avançait alors de la région rhénane jusqu'au cœur de la chaîne.

AFFLEUREMENTS FRANCOMTOIS.

176. Cheminons davantage vers le Sud, et nous verrons les terrains de transition de Sainte-Marie-aux-Mines faire bientôt place à la grande dorsale granitique, qui, des hauteurs du Bonhomme, se prolonge vers le ballon de Guebwiller (alt. 1426^{m}); ici reviennent les flanquements paléozoïques inférieurs, suivis de près par les syénites et les porphyres, qui atteignent leur maximum de hauteur au ballon de Giromagny (alt. 1250^{m}). Sur le trajet de près de 16 lieues, qui sépare le val de Villé de cette extrémité méridionale des Vosges, le terrain houiller demeure profondément enfoui sous les formations secondaires qui bordent le pied oriental de la chaîne; je rappellerai même que j'ai signalé en 1824 un ensemble tertiaire, caractérisé par ses grès et ses conglomérats à gros blocs, et qui est casé près de Colmar, au sein d'une dépression des terrains jurassiques. M. Voltz a bien voulu consigner dans sa *Géognosie de l'Alsace*, p. 34 et 66, cette première découverte d'un élève; je la mets actuellement à profit pour établir que ce n'est pas sur l'étendue d'une zone aussi profondément affaissée qu'il s'agit d'espérer l'apparition du terrain houiller; mais les conditions changent bientôt. Déjà le grès vosgien, toujours transgressif, implante ses rochers au-dessus d'Eguisheim, et successivement le trias et le

lias conduisent du côté de Thann, de Giromagny et de Plancher-les-Mines, où les éruptions porphyriques ont ramené au jour l'étage carbonifère. Aussi est-ce sans aucune surprise que l'on doit voir son compagnon houiller surgir de nouveau à la base méridionale de la haute chaîne des ballons, précisément en tête du bassin de la Saône, dans une position dont la symétrie, par rapport à celle du pied sud de la masse du Champ-de-Feu, n'échappera à aucun œil clairvoyant. De part et d'autre les roches anciennes, tant éruptives que sédimentaires, sont pareilles; l'intensité des soulèvements a été, à peu de chose près, la même; les abruptes sont tournés au midi, le parallélisme règne entre les lignes des affleurements; la différence ne porte que sur la largeur limitée du val de Villé, comparativement à l'espace indéfini qui s'ouvre à partir du bout de l'ensemble vosgien.

177. D'après M. Thirria, le terrain houiller de cette partie se montre encore une fois à la surface, par plaques d'une faible étendue, à Ronchamp, à Champagney, aux Granges-Godey, à Chénebié, à Estuffont-le-Haut, à Roppe, à Romagny, et, de même qu'autour de Villé, il est recouvert par le grès rouge, par le grès vosgien, puis par les étages triasique et jurassique.

Cependant je ferai remarquer que ces parties charbonneuses ne sont détachées qu'en apparence. Pour s'en assurer, il suffit d'examiner sur la *Pl. III* les relations de position des terrains anciens et secondaires. A l'est, la falaise orientale des Vosges se soutient à partir de Romagny jusqu'au-delà de la Savoureuse, avec la forme d'un étroit promontoire, dont l'extrémité disparaît bientôt sous les nappes récentes. Une saillie correspondante, mais plus large, tire vers Chénebié, entre Auxelles et Champagney, de manière qu'entre les deux se trouve un golfe dont les bords s'étendent sur la circonférence d'Estuffont, de Giromagny et d'Auxelles. Les

eaux des mers des époques secondaires y ont dû pénétrer, et naturellement aussi celle de la période houillère, qui en a suivi les allures bien plus qu'elle n'a obéi à la distribution des mers de transition (12). Ceci étant conçu, on comprendra immédiatement comment la lisière du terrain houiller, partant de Romagny, se prolonge vers Roppe, double l'extrémité de son promontoire vers Chénebié où on la découvre dans les déchirures du grès rouge, et reparaît dans l'intérieur du golfe, vers Estuffont. Le reste est dissimulé momentanément sous les terrains superposés; mais les gîtes de Champagney et de Ronchamp, placés sur le gradin que dominent les ballons, en indiquent suffisamment la continuité vers l'ouest.

On ne perdra d'ailleurs pas de vue qu'à cette extrémité des Vosges, aussi bien qu'à Villé, de grandes érosions, suffisamment indiquées par les lambeaux des grès rouge, vosgien et bigarré, dispersés sur les collines du Rahin, de l'Oignon et de la Moselle, ont concouru avec les stratifications transgressives pour oblitérer certaines parties houillères, de manière à donner à l'ensemble la fausse physionomie d'apparitions détachées. Enfin si les recherches faites à Chénebié, à Grange-Godey, à Roppe, à Rougegoutte, à Estuffont, à Romagny, n'ont montré que d'insignifiantes veinules, c'est qu'elles ont été établies trop près du littoral de la mer houillère. Le mineur M. Schutz, avec sa rectitude de jugement, a parfaitement élucidé la question (40), en faisant voir que pour éviter l'influence si souvent fâcheuse des bords (48), il suffisait de se placer davantage au sud, ou en d'autres termes au large des anciennes rives de la mer houillère.

Pour en finir avec cette station, il me reste à faire observer qu'à l'ouest de Ronchamp, les grès secondaires acquièrent rapidement une grande prédominance dans la constitution géologique de la contrée. Il est par conséquent inutile de chercher à démontrer pour le moment que la partie méridionale

de l'ancienne île des Ballons a dû être contournée par les dépôts houillers du côté du Barrois et de la Lorraine, où ils vont se relier à ceux qui forment la ceinture autour de l'île du Champ-de-Feu ; ce fait dérivera naturellement de nos détails ultérieurs.

AFFLEUREMENTS CHALONAIS, MORVANDEAUX, ETC.

178. Au-delà des Ballons, la ligne de faîte de la chaîne Cébenno-Vosgienne, se trouvant brusquement refoulée vers l'ouest, donne jusqu'à un certain point naissance à un axe montagneux distinct, qui est celui de la Côte-d'Or. Celui-ci, à sa naissance au plateau de Langres, ne montre que des calcaires jurassiques ; tandis qu'à son autre extrémité, aux environs de Chalon-sur-Saône, un *crevé* laisse de nouveau voir les terrains granitiques et porphyriques, exhaussant avec eux le trias et la formation houillère. Cependant l'apparition de celle-ci se montre liée à des effets plus complexes que ne l'est celui du simple soulèvement de la chaîne bourguignonne ; et, pour mettre en évidence complète les conditions de ces gisements houillers, je vais produire une rapide esquisse de la structure orographique de cette partie, où trois systèmes montagneux se rattachent à la dépression que suit le canal du Centre.

179. Au premier rang il faut ranger cette chaîne calcaire de la Côte-d'Or, qui, débutant au plateau de Langres, vient se terminer entre Chagny et l'Arroux. M. Élie de Beaumont a déjà établi la corrélation de son arête culminante avec une ligne d'environ 80 lieues de longueur, dirigée du SSO ou NNE, et dont le point de départ est marqué par les porphyres qui percent le terrain houiller d'Autun (90). Sur son trajet elle rencontre successivement les îlots granitiques de Malain, Mesmont et Remilly près de Sombernon, puis les couches dolomitiques de Suxy, les eaux minérales de Bour-

bonne-les-Bains, et elle aboutit au mamelon basaltique de la côte d'Essey, près de Lunéville, de manière à reproduire quelques-uns des caractères de l'axe vosgien du Jægerthal (170). De son côté, M. Virlet a fait remarquer qu'un trait, orienté à peu près comme le précédent, et passant à Chagny, Dijon, Nancy, relève les terrains jurassiques, en leur donnant une inclinaison inverse de part et d'autre. Enfin je puis compléter ces indications en ajoutant que l'ensemble de la chaîne vient aboutir aux roches granitiques et porphyriques d'Epinac et du Creusot, en se montrant également liée à l'éruption basaltique du Drevin. En prolongeant d'ailleurs sa direction vers le SSO, on arrive au grand pâté basaltique du Cantal, en sorte qu'il devient extrêmement probable que les secousses volcaniques très récentes, par lesquelles la France centrale a été si violemment affectée, ont eu une grande influence sur l'ensemble de la constitution du rideau de la Côte-d'Or.

Au plateau de Langres, son altitude est de 500^{m}.

Au bois de Varenne, point culminant au SO d'Autun, elle est de 640^{m}; en sorte qu'ici, comme d'habitude, c'est au pied des parties les plus exhaussées que se montre le terrain houiller.

180. A l'ouest de la Côte-d'Or surgit le massif du Morvan, composé de granit, de porphyre, de schistes convertis en mélaphyres, auxquels viennent s'ajouter des lambeaux de l'étage carbonifère (78, 84). Sa sommité principale, le Mont-Preneley, en vertu de sa hauteur de 850^{m} et de sa position près des sources de l'Yonne, doit être considérée comme étant le Mont-Blanc du mesquin bassin de la Seine. Enfin son grand axe s'étend depuis Avallon jusqu'à Bourbon-Lancy, suivant une direction N-S. Celle-ci fait converger ses rampes vers le sud avec les contreforts granitiques de l'extrémité correspondante de la Côte-d'Or. Il résulte donc de cette ren-

contre un angle ouvert vers le nord et qui constitue le bassin de l'Arroux, inclinant du nord au sud, de façon que la rivière, pour se jeter dans la Loire, est obligée de passer par l'étroit passage laissé entre les ramifications susdites. Enfin vers les parties supérieures de cette concavité, l'on voit les couches houillères autunoises s'appliquer indifféremment sur les deux versants de l'Arroux, en remontant fort avant sur les hauteurs de la Bourgogne. Prolongeons actuellement l'axe du Morvan vers le sud, et nous le verrons se rattacher à la chaîne du Forez, comprise entre l'Allier et la Loire supérieure, puis continuer sa route en ligne droite jusqu'à l'extrémité méridionale des Cévennes, séparant les eaux du Rhône de celles de la Garonne, en même temps que les houillères d'Alais d'avec celles du Vigan. Cette circonstance sera rappelée par la suite.

181. Pour compléter ce canevas orographique des environs de Chalon, il reste à rappeler le chaînon du Mont-Saint-Vincent, dont il a déjà été fait mention dans de précédentes occasions (29, 46), quand il a été question des replis et de quelques autres accidents du terrain houiller. Cependant, malgré ces détails, l'importance de ses relations n'a pas été mise dans tout son jour. Je vais donc ajouter les traits complémentaires aux précédents.

Ce chaînon, prenant naissance entre Charolles et Palinge, aboutit aux plaines de la Saône, vers Chagny; de sorte que, de son rapprochement sur ce point avec l'extrémité de la Côte-d'Or, il résulte un étranglement, connu dans le pays sous le nom de creux de Chagny, et servant, pour ainsi dire, de porte à la vallée que suit le canal du Centre. Le point culminant de l'arête est le Mont-Saint-Vincent (alt. 603^{m}); mais ce nombre est dû à une surélévation produite par une calotte de grès blanc siliceux infra-liasique, dit arkose, que les causes érosives ont dû épargner. En se restreignant aux seules

altitudes des roches primordiales, il faut n'accorder à la ligne de faîte qu'une moyenne assez soutenue d'environ 460 m; c'est sans doute peu de chose, et pourtant ce bourrelet se trouve lié à quelques-uns des plus remarquables phénomènes de l'orographie de la France orientale.

En effet, avec sa direction SO-NE, il se présente comme une barrière transversale par rapport aux chaînes de la Côte-d'Or et du Morvan, qui, s'abaissant à son approche, laissent entre elles et lui la vallée dans laquelle l'un de nos plus importants dépôts houillers gît sous une nappe de grès bigarré d'une remarquable composition.

La même dorsale affecte un parallélisme exact avec la profonde cassure transversale que suit le canal de Bourgogne. Il est donc à croire que les effets qui ont occasionné son surgissement, ont exercé leur influence jusqu'à cette autre longue brèche, en contribuant à faire apparaître dans son fond les mamelons granitiques ou porphyriques de Sombernon (179). On se souviendra d'ailleurs de ses relations plus immédiates avec les dos-d'âne et les dépressions du terrain houiller et du grès bigarré qui sont étalés le long de son pied septentrional (33); mais, chose plus capitale, le parallélisme en question se reproduisant au sud dans la grande ride du Pilat, il a depuis longtemps motivé l'établissement d'un type spécial de soulèvement, que M. Elie de Beaumont fit connaître sous le nom de *Systèmes du Pilat et de la Côte-d'Or*; en même temps il faisait remarquer que l'époque des dislocations qui lui ont donné naissance remonte à la fin de la période jurassique.

Il ne me reste donc plus qu'à compléter ces détails, en ajoutant que l'axe du Mont-Saint-Vincent, prolongé vers le NE, passe entre les vallées du Doubs et de l'Oignon, et longe successivement Auxonne, Dôle, Besançon, Beaume-les-Dames, Montbéliard, pour aboutir à la pointe méridio-

nale des Vosges, précisément vers les terrains houillers de Ronchamp. On doit par conséquent admettre comme un fait très probable que les secousses qui produisirent la ride de Saône-et-Loire ont retenti jusqu'auprès de Giromagny, de manière à contribuer à l'émersion de ces dépôts. Si d'ailleurs l'on voulait mettre en doute cette extension, on pourrait invoquer la *Montagne de la Serre*, placée sur la même direction, à peu près à la moitié de ce grand trajet, comme pour servir de jalon à l'observateur : la présence de cette butte, composée de terrains cristallins et triasiques, au milieu de l'ample nappe jurrassique de la contrée, serait une véritable anomalie, si elle ne se raccordait de la manière la plus explicite avec les autres reliefs indiqués ci-dessus.

182 Laissons actuellement de côté ces aperçus généraux, pour aborder plus franchement la question de l'arrangement houiller au milieu de la région dont les traits fondamentaux viennent d'être esquissés, et au préalable rappelons que les effets produits par les écrasements latéraux ont déjà été décrits (33); que l'on a également fait ressortir les résultats des érosions sur cette partie (29); qu'elle a fourni ensuite quelques indications au sujet des irrégularités du sous-sol (38); qu'il en a été de même lors de l'exposé des connaissances actuelles relativement à la stratification houillère (42); que l'on est de nouveau revenu sur ces gîtes pour les détails minéralogiques concernant la formation charbonneuse (52), pour développer quelques détails paléontologiques (55), pour faire connaître les associations du terrain houiller (64), et enfin pour indiquer le rôle des roches éruptives. Après tant de retours, je ne serai plus longtemps embesogné, car ma tâche se réduit à indiquer l'allure et la disposition générale des masses, de manière à établir, ici comme ailleurs, l'impossibilité de la théorie des bassins circonscrits.

183. D'abord, ce qu'en termes vulgaires on désigne sous le

nom de Bassin d'Autun *(Pl. IV.)*, n'est pas nettement limité par une circonscription de roches anciennes. Les couches houillères s'avancent des flancs du Morvan, en traversant le lit de l'Arroux, et remontent vers Epinac jusqu'à la rencontre des terrains triasiques et jurassiques, sous lesquels elles peuvent se prolonger plus loin, à l'aide de quelque goulet que sa position souterraine rend invisible. Ici, je le prévois d'avance, on pourra m'opposer les dénudations environnantes, et notamment plusieurs vallées, dans le fond desquelles on n'aperçoit aucunes traces de cette continuité dont j'admets si complaisamment l'existence. Mais, de mon côté, je ferai remarquer qu'indépendamment des ruptures occasionnées par la juxta-position sous un angle très aigu des soulèvements du Morvan et de la Côte-d'Or (180), il s'est produit dans la contrée, en vertu de causes encore obscures, des écrasements d'une étonnante intensité. En effet, suivons vers le nord la lisière des terrains jurassiques, et nous arriverons bientôt à Semur, ville près de laquelle, dans le fond de dénudations du même genre que celles d'Epinac, on trouve le terrain houiller laminé de la plus singulière manière.

D'après les importantes descriptions de M. l'ingénieur des mines Guillebot de Nerville, ce lambeau est redressé presque verticalement sur sa tranche, pincé et aligné au milieu du granit et des porphyres, sur une étendue de 24 kilomètres, que l'on peut suivre depuis Bierre près Ruffey (Côte-d'Or), jusqu'à Villers-les-Nonnains (Yonne). Sur tout cet espace sa largeur n'est que de 180 à 200 mètres, sauf un renflement de 500^{m}. Cependant ce curieux empâtement se compose de poudingues, de grès, de schistes à empreintes, et, qui plus est, de deux couches d'anthracite pure, mais manquant de continuité, passant à l'état de lentilles, et qui à Sincey ont été l'objet de quelques essais d'exploitation.

184. Ce gîte est le premier des affleurements du versant

océanique de la France qui se présente en regard des plongements de la partie NE du pays, et je le considère comme se raccordant avec eux de manière à constituer une des traces laissées par la mer houillère dans le fond d'un ancien golfe, dont les rivages successifs sont plus chaudement exprimés par les reliefs concentriques du terrain triasique, du lias, du jurassique supérieur, du crétacé et du tertiaire séquanien. Je dois renvoyer aux éloquentes pages 25 et 26 du tome I de *l'Expl. de la Carte géol. de la France* les personnes qui désireront connaître l'influence de cette sextuple circonvallation sur les destinées militaires de la France, qui n'a pu être envahie qu'à dater de l'époque où la centralisation en asservit les volontés à celles du réduit parisien; l'objet de ma mission se bornera à me faire simplement ajouter au rempart de La Fère, Craonne, Champaubert, Montmirail, Montereau, à celui de Rethel, Valmy, Vitry-le-Français, Troyes et Joigny, etc., le cordon industriel de Sarrebruck, de Lubine et de Semur (161, 173), dont la conquête, bien plus utile à l'humanité, se fera du moment où l'on songera à appliquer les grands sondages aux besoins de l'industrie non moins qu'à procurer de l'eau tiède à Grenelle et au Jardin-des-Plantes de la capitale.

Sans doute on sera tenté de mettre en avant, à titre d'objection, l'encaissement longitudinal de l'affleurement de Sincey; dans ce cas je répondrai tout simplement que Ronchamp paraissait également isolé par un bourrelet de terrain ancien, qui cependant a été outrepassé avec bonheur. Allant même plus loin, j'ajouterai que le trait houiller disparaissant vers l'est sous les calcaires jurassiques, de même que la pointe d'Epinac, il est très admissible qu'ils se donnent la main quelque part, sur le canal de Bourgogne, au delà des proéminences cristallines de Sombernon, pour reprendre ensuite leur assiette commune et normale vers les plaines de Dijon. Au surplus la ressemblance qui existe en-

tre les terrains d'Autun, de Sincey et de ceux de Villé, a fait supposer à M. Elie de Beaumont qu'entre le Morvan et les Vosges, la surface des terrains granitiques pourrait présenter au dessous du manteau secondaire qui la couvre quelques bassins houillers, plus ou moins morcelés. En cela je me range complètement de son avis, sauf à substituer aux bassins une nappe, dont il reste à constater l'état de lacération.

185. Dans la même plaine vient déboucher également la grande zone de Saône-et-Loire, s'enfonçant, comme les parties précédentes, sous le trias et le calcaire jurassique, si bien que de ce côté le mot *bassin* a évidemment moins de sens que sur une foule d'autres points déjà mentionnés. Je suis par conséquent en droit d'invoquer la loi de continuité pour établir un raccordement avec Sincey, avec Epinac. J'irai même plus loin, en rappelant que la frange méridionale du terrain houiller de Saône-et-Loire, après s'être montrée très tourmentée à Saint-Berain, s'élève jusque sur les hauteurs de Charrecey, où elle disparaît sous le manteau keuperien et jurassique qui couvre l'extrémité de l'arête primordiale du Mont-Saint-Vincent (29). L'occultation n'est cependant que momentanée, car sur le versant oriental, vers les sources de la Guye, à l'est de Saint-Martin-d'Auxy, on voit le combustible reparaître avec le grès bigarré dans un repli du terrain de granit-gneussique de la contrée; ce lambeau, large de 50 à 200 mètres, pincé verticalement entre les roches cristallines, a soutenu pendant les années 1845 et 1846 une petite exploitation près de Forges, et sa disposition rappelle trop bien celle du gîte de Sincey pour qu'ils ne soient pas comparables, sauf les orientations dont la différence se conçoit facilement, l'un étant appliqué sur le bord du bassin de la Seine, l'autre dominant celui de la Saône, et se rattachant par conséquent d'une manière directe avec la ligne de Ronchamp. La coupe de Buxy à Autun (*Pl.* II, *fig.* 4) donne une idée de la disposition des

parties essentielles d'Autun, du Centre et de Forges, d'après les relevés dont M. Poyet m'a obligeamment fait part.

186. Un retour vers l'extrémité SO du dépôt autunois, nous permettra de suivre celui-ci, sur les rampes du Morvan depuis Pourriot jusqu'au-dessus de Monthelon, sans rencontrer à cette limite aucune barrière naturelle. A l'aval on ne distingue que la profonde enfonçure par laquelle l'Arroux s'échappe pour déboucher à Toulon dans la vallée du canal, et cet étranglement s'explique par la convergence de l'axe du Morvan avec celui de la Côte-d'Or (180). Or, les couches d'Autun et de Monthelon, plongeant de part et d'autre vers cette gorge, on peut admettre qu'elles s'y étendaient de manière à se relier avec la ligne du Creusot à Saint-Eugène. Cependant cette continuité naturelle a été rompue par suite d'une de ces ablations anciennes ou modernes dont nous avons cité de nombreux exemples (18). L'ensemble de la contrée porte entre autres de nombreuses traces de l'action diluvienne; des blocs erratiques et même des talus d'entraînement sont étalés dans les vallons voisins de Saint-Eugène, dans le bassin de la Sorme, dans celui du Mesvrin vers Marmagne, dans celui de la Cure, et M. Elie de Beaumont a fait voir que les débris granitiques du Morvan ont été charriés jusque sur les bords de la Seine dans la plaine de Grenelle. Ce n'est donc pas trop présumer de la force de ces torrents lorsque l'on suppose qu'ils ont décapé cette partie; ils ont même dû procéder avec d'autant plus de facilité que l'énergie de leur impulsion s'est trouvée accrue dans ce goulet par la loi d'égal débit. En admettant d'ailleurs les diverses connexions indiquées, il reste à faire remarquer que l'ensemble du terrain houiller du Centre, d'Autun, d'Epinac, a formé une collerette autour de la haute cîme granitique d'Uchon. A cette particularité, la coupole joint celle d'être le point culminant des montagnes autunoises (alt. 684), et, par suite d'un rapproche-

ment bizarre entre la science moderne et l'antique barbarie, elle offre un des signaux de la grande triangulation de la France à côté d'une de ces *pierres branlantes*, grossiers produits des actions atmosphériques, dont les Druides faisaient un des objets de leur culte.

187. Les relations des affleurements de la dépression du canal du Centre sont surtout dignes d'attention. Vers leur extrémité SO, à partir de Saint-Eugène, la bande s'étend de Toulon-sur-Arroux jusqu'à Précy, et la houille a été mise en évidence au Maupas, à Sully, à Morantru; plus loin encore, entre Digoin et Bourbon-Lancy, une apparition a lieu auprès des assises carbonifères, au Morillon, dans le territoire de Grandchamps, où se montrent cinq bancs de charbon. D'ailleurs si l'on traverse les plaines de la Loire, on verra cette longue zone reparaître à point nommé sur sa prolongation en ligne droite au Donjon et à Bert près de La Palisse, contre l'extrémité septentrionale de la chaîne du Forez.

En contournant au contraire les terrains anciens du Morvan, suivant la rive droite de la Loire, Decize vient montrer à Beaumont, à la Machine, à Thianges et à Anlezy, un nouvel affleurement, inclinant vers le SSO, suivant un angle de 25 à 30°, et placé, comme d'habitude, au milieu des grès bigarrés ainsi que des calcaires jurassiques. Une position aussi singulière devait naturellement fixer l'attention, et l'administration des mines, désirant jeter du jour sur la question, a fait exécuter, à ses frais et par l'un de ses ingénieurs, M. Sauvage, un sondage à quelque distance de ce gîte. L'instrument a traversé successivement les couches suivantes :

Terre végétale	4^{m},50	
Calcaire à gryphées	25, 00	
Argiles grises sableuses. . . .	3, 50	200^{m},00
Calcaire marneux	2, 75	
Terrains rouges, marnes irisées.	106, 25	
Grès houiller	58, 00	

Ce sondage a eu pour résultat de constater d'une manière irréfragable une de ces extensions dont nous rassemblons les preuves. Pour en tirer immédiatement parti, il est à propos de faire remarquer qu'en complétant le circuit du Morvan, on est ramené à Sincey, à Epinac, à Saint-Berain, à Blanzy, à Bourbon-Lancy; en sorte qu'au dessous des superpositions transgressives, une ceinture continue doit envelopper tout le pâté morvandeau, y compris l'extrémité S O des montagnes de la Côte-d'Or. Dans ce sens, la circonférence houillère du Morvan peut être considérée comme étant la reproduction sur une grande échelle de la collerette d'Uchon (186). Si l'on veut en outre pousser la licence jusqu'à réduire le tout aux lignes géométriques les plus simples, on pourra se figurer deux cercles, dont l'un embrasse l'autre et qui, n'ayant pas le même centre, sont intérieurement tangents, de manière à se confondre ensemble sur les plaines chalonaises et dans le creux de Chagny.

188. Avant d'en finir avec cette partie du dépôt de Saône-et-Loire, il faut ajouter que la ligne des affleurements qui s'étend de Saint-Berain à Blanzy ne tarde pas à éprouver quelques perturbations dans son allure au-delà exploitations de Lucy, et il est facile d'en découvrir la cause en examinant la disposition d'une suite de proéminences primordiales placées sur le confluent de l'Arroux et de la Bourbince. Cependant, loin d'intercepter les bras des mers secondaires, ces roches en ont simplement dévié une partie vers le sud. Il s'ensuit que les calcaires jurassiques qui débutent vers Perrecy-les-Forges, courent le long du versant occidental des montagnes charolaises jusqu'à la Clayette, où surgit un nouveau gîte houiller, établi dans la vallée de la Loire. Indépendamment de l'exploitation avantageuse qu'il alimente, il se prête à quelques aperçus dignes d'attention. En effet, situé comme il l'est, en face des couches de La Pa-

lisse, et faisant suite au dépôt de Saône-et-Loire, il décèle d'abord la rapide dilatation que doit éprouver celui-ci vers le SO et le S. Il fait voir de plus que le fond de la vallée de la Loire peut contenir de la houille jusqu'à la hauteur de Roanne, où s'arrêtent les sédiments récents et où commence à se montrer le grand placage du calcaire carbonifère, ainsi que des grès anthraxifères, dont l'épanouissement a lieu dans le triangle compris entre Charlieu, Soulagette et Ternand sur les bords de l'Azergues (75). C'est assez dire que celui-ci, dépassant de beaucoup l'étage houiller, occupe les deux versants de la chaîne lyonnaise et pénètre profondément par la vallée du Lignon dans celle du Forez. Tout porte d'ailleurs à croire qu'il se prolonge, souterrainement au moins, jusqu'auprès de Diou, dans les environs de la Palisse (78) et de Bourbon-Lancy, où il reparaît à proximité de la houille. Quelques-unes de ces indications faciliteront successivement d'autres raccordements.

AFFLEUREMENTS LYONNAIS.

189. La complication orographique qui se manifeste à l'extrémité du bourrelet de la Côte-d'Or est bientôt suivie d'un régime plus normal, représenté par la longue arête beaujolaise, qui, se soudant au chaînon du Mont-Saint-Vincent, s'arrête aux environs de Tarare et de l'Arbresle. Ici survient une autre perturbation, d'un caractère particulier, quoiqu'elle soit de même liée à l'entrecroisement de trois axes principaux.

Pour comprendre le nouvel arrangement, il faut d'abord remarquer que la dorsale beaujolaise, arrivée à la hauteur de la roche d'Ajoux (alt. 973^{m}), se divise en deux chaînons parallèles, juxtaposés et courant du N au S. Le rameau oriental passe par le Torvéon (alt. 819^{m}), le Mont-Soubran (alt. 898), le Signal-d'Auguel (alt. 890^{m}), le Bois-Grange (alt. 872^{m}) et

il se termine à la Roche-Guillon (alt. 776^{m}) au nord de Sainte-Paule. La branche occidentale, plus soutenue, montre, entre autres points culminants, le bois du Favrot (alt. 875^{m}), le bois de Pramenoux (alt. 912^{m}), le bois des Molières (alt. 899^{m}), le Mont-Chevrier (alt. 738^{m}), et vient se relier au sud de Tarare avec une autre arête, dite du Boucivre (alt. 1103^{m}), et comprenant la cîme du Mont-Pelerat (alt. 860), ainsi que celle d'Arjoux (alt. 817).

Cette ligne, avec sa direction transversale, barre le système précédent. Etant prise dans son ensemble, depuis Arjoux près de Sain-Bel, jusqu'aux défilés de Roanne, où elle refoule momentanément la Loire vers l'O, on peut lui accorder une orientation de l'ONO à l'ESE, parallèle à celle du système des Ballons.

Enfin la troisième chaîne se détache du système de Riverie, au N de Saint-Chamond, près des sources de la Coize, et, se plaçant perpendiculairement à l'arête de Boucivre, vient se terminer entre Lozanne et l'Arbresle. Ses points culminants sont successivement la Chapelle-Saint-Pierre, près de l'Aubépin (alt. 908^{m}), le Bois-des-Brosses (alt. 905^{m}), le Bois-de-la-Verrière (alt. 921^{m}), le Jumeau, au nord d'Izeron (alt. 882^{m}), la cîme de Saint-Bonnet-le-Froid (alt. 787^{m}), la montagne de Sourcieu (alt. 444^{m}) et la montagne de Fleurieux (alt. 405^{m}). L'orientation du SSO au NNE donne à cet ensemble une certaine analogie avec celui de la Côte-d'Or.

190. Ces axes, si diversement dirigés, si remarquables par leurs hauteurs, présentent encore ce caractère particulier de laisser entre leurs terminaisons et leurs flancs correspondants des intervalles assez larges; il en résulte non seulement diverses digitations convergentes, mais surtout un vaste cirque, profondément articulé, dominé au nord par le promontoire de la Roche-Guillon, à l'ouest par celui d'Arjoux, et au sud par celui de Saint-Bonnet-le-Froid. Dans son intérieur, se trou-

vent Tarare, l'Arbresle, Chessy et Sain-Bel. Trois vallées, formant une grande *patte d'oie*, y réunissent les eaux de la Brevenne, de la Turdine et de l'Azergues, affluents de la Saône. Ce même cirque, en vertu de sa position enfoncée dans l'intérieur d'une chaîne, constitue une de ces rares exceptions topographiques, dont la présence suffit pour indiquer un grand centre de phénomènes géologiques; les éruptions des granits, des syénites et des porphyres, ont tour à tour bosselé et métamorphisé les sédiments des mers cambrienne, silurienne et carbonifère, en y injectant leurs filons de cuivre et de plomb; elles ont aussi exhaussé et redressé les dépôts houillers, triasiques et jurassiques. Enfin l'époque diluvienne est survenue; les débris quarzeux et porphyriques provenant de ses démolitions, jetés à des hauteurs de 200^{m} au-dessus du fond des vallées principales, et transportés jusque sur le plateau bressan, du côté de Trévoux, attestent une dégradation intense, dont le terrain houiller a surtout dû subir l'influence. Il ne se présente donc plus qu'à l'état de lambeaux, dont la conservation est toujours due à quelques conditions spéciales de gisement.

191. Je ne chercherai pas à établir que les dépôts de la mer houillère, dont nous avons précédemment quitté les dernières traces, à Forges, sur le revers oriental du Mont-Saint-Vincent (185), se sont étendus dans le golfe de la Grosne supérieure vers Cluny, ou qu'ils ont tiré plus directement du côté de la Saône vers Tournus, pour longer la chaîne beaujolaise vers Mâcon et Belleville. Les données manquent encore pour arriver à ce degré de précision. Ce qui est cependant positif, c'est que les terrains carbonifères de la grande nappe indiquée précédemment (188) s'élèvent au-dessus de la plaine près de Beaujeu et de Villefranche (83), en même temps que la dorsale comprise entre la Loire et la Saône gagne en hauteur. Or, d'après tous les exemples

déjà mentionnés, cette concordance doit être considérée comme un symptôme de la réapparition prochaine du terrain houiller, qui, en effet, se montre à Sainte-Paule, sous la Roche-Guillon *(Pl. V.)*.

A l'extrémité de ce cap porphyrique, les schistes et les grauwackes carbonifères sont fortement redressés et même métamorphisés çà et là en prasophyres, en mélaphyres ou simplement en roches verdâtres, plus ou moins compactes. Un énorme filon de quarz, souvent concrétionné, dirigé du NO au SE, vient compliquer cet assemblage, en introduisant son allure au milieu du système N-S, qui a prédominé jusqu'alors; enfin le trias et le lias atteignent ici l'altitude d'environ 600 mètres, à laquelle ils arrivent à peine au Mont-d'Or lyonnais.

C'est entre deux profondes et scabreuses vallées, descendant des hauteurs de la chaîne beaujolaise, celle du Rebaisselet à l'ouest, et celle du Verruy à l'est, que s'étend le terrain houiller, depuis le territoire de Felines jusqu'à celui de Mussy. Il est redressé presque verticalement entre les porphyres de la Roche-Guillon et les prasophyres de Sainte-Paule. Étant d'ailleurs serré de près au sud par le filon de quarz, il en suit la direction, et sa plus grande largeur atteint à peine 150^{m}; il se trouve même fortement étranglé à peu près sur le milieu de sa longeur, de façon qu'il présente divers changements de direction, compris entre *Hor. 6 et Hor. 9* de la boussole du mineur, avec une très faible inclinaison au S ou au SE.

Cependant cet exigu lambeau n'est en aucune façon limité par ses bouts. A l'ouest, ses dépendances ont été emportés à l'époque de la découpure du Rebaisselet; à l'est, il traverse le Verruy, de manière à passer du côté de Mussy-le-Bas, où il est masqué d'abord par les grès bigarrés, puis par les calcaires jurassiques qui forment les contreforts de la chaîne beau-

jolaise. Ainsi du côté de Jarnioux, le gîte houiller disparaît sous les strates récents des collines du Bas-Beaujolais; du moins les recherches que j'ai pu faire de ce côté m'ont démontré l'impossibilité de sa réapparition dans les plaines de la Saône. Les mêmes roches secondaires, contournant d'ailleurs au S le mamelon métamorphique de Saint-Paule, forment le pittoresque rocher d'Oingt, d'où ils gagnent l'Azergues vers Saint-Laurent-d'Oingt, pour arriver jusqu'à la Turdine, au centre du cirque de l'Arbresle vers Bully.

Cette délimitation ne représente certainement pas du côté de Sainte-Paule l'ancien contour des roches secondaires; les érosions ont joué ici un rôle immense, et ce qui le prouve, c'est une longue et étroite langue de grès bigarré, de choin bâtard et de lias, qui, partant du Lambert près de Sainte-Paule, se relève doucement vers le N, de manière à passer transversalement sur la tranche du terrain houiller, et à se terminer en amont vers la ferme de Glaisé. Ces assises, ainsi placées sur le dos étroit qui sépare les eaux du Rebaisselet d'avec celles du Verruy, sont évidemment de simples abandons de la grande ciselure diluvienne par laquelle les deux vallées latérales ont été excavées au travers des terrains houillers et secondaires, des porphyres et du filon de quarz, dont les blocs ont été projetés du même coup jusqu'au-delà de Chessy.

192. Le gîte de Sainte-Paule est composé d'argiles schisteuses, souvent très liantes, noires ou verdâtres; de grès fins, quelquefois grossiers, mais sans arriver à l'état de conglomérat. On y trouve quelques cailloux de prasophyre, de la grosseur du pouce, avec une assez grande quantité de grenailles de quarz hyalin ou noir, fortement arrondies et d'un poli remarquable. Ces détails pétralogiques suffisent pour démontrer que ces roches houillères ont été principalement formées aux dépens du terrain de transition voisin.

En outre tout semble démontrer qu'alors le gros filon de quarz n'existait pas encore. Par contre le grès bigarré superposé, contenant une grande quantité de galets de ce même quarz, et ne manifestant aucune perturbation au point où il recouvre les affleurements respectifs, permet de conclure que l'éjection en masse du quarz est survenue entre la fin de la période houillère et le début de l'époque triasique, de façon qu'elle a pu exercer sur l'arrangement du système charbonneux l'influence déjà mentionnée, sans déranger les assises plus récentes.

La houille forme, au milieu de lames schisteuses, une veine peu épaisse, souvent interrompue par des écrasements et par des rejets. Elle est de mauvaise qualité, se délitant en esquilles, et l'on y voit quelques parcelles de charbon minéral avec d'assez jolies empreintes de fougères. Cependant peu de gîtes ont été autant travaillés que celui-ci: non contents de fouiller les roches houillères, les entrepreneurs ont encore établi au hasard des puits dans les schistes de transition, dans les grès bigarrés, dans les prasophyres et jusque dans les porphyres rouges quarzifères. Je me suis spécialement assuré qu'il n'est en aucune façon appelé à donner lieu à une exploitation utile, mais il arrive trop souvent que plus les conditions géologiques sont défavorables, plus les chercheurs de mines, fermant l'oreille à tous les bons avis, mettent d'obstination dans leurs tentatives; il en est de cela comme de l'âpreté avec laquelle on voit les joueurs s'attacher aux dangers d'une loterie. Le principal travail a été fait en 1828 par l'ancienne compagnie des mines de Sain-Bel et Chessy. Son puits, établi sur l'arête, entre les ravins de Felines et de Sainte-Paule, a traversé le lias, le choin bâtard, le grès bigarré et le terrain houiller, en descendant jusqu'à 100^{m}, c'est-à-dire à peu près jusqu'à la limite du lambeau en profondeur, d'après ce qu'il est permis d'entre-

voir le long de la rampe de Felines. Il eut été bien plus logique de faire une simple tranchée de ce côté ; je ferai même remarquer en passant que tant d'argent eut été incontestablement dépensé plus à propos du côté de Jarnioux, où l'on aurait pu avoir la chance de trouver un peu plus de régularité, sans que l'épaisseur des morts-terrains à traverser puisse être trop forte, puisque le lias surgit dans la concavité des vallées voisines.

193. La lisière des terrains secondaires nous a fait aller précédemment de Sainte-Paule à Bully, et à l'Arbresle (190), et sur ce trajet il ne s'est rencontré aucun nouvel affleurement houiller; le grès bigarré est partout transgressif, de façon qu'il dépasse la Turdine et s'avance jusqu'auprès de Persange, sur les rampes de la chaîne du Boucivre, en masquant les terrains inférieurs. Cependant la rivière a entaillé cette nappe, de manière à atteindre les schistes houillers vers le fond de son lit, où ils se montrent sur une étendue d'environ 1 kilomètre, avec une largeur qui ne dépasse pas 20^{m}, parcequ'ils sont masqués de part et d'autre par le grès bigarré.

C'est par conséquent dans les détails environnants qu'il faut découvrir la véritable disposition du gîte. Sa longueur apparente est dirigée à peu près de l'O à l'E, et à chacune de ses deux extrémités, des bourrelets de schistes verdis, chloriteux, s'exhaussent, l'un en amont de la Turdine, vers Bully, et l'autre en aval près de l'Arbresle. Ils forment ainsi deux des encaissements du lambeau, qui d'ailleurs doit également se trouver bientôt limité du côté du sud, de même que la pointe des grès bigarrés de la plaine de Persange sur laquelle s'élèvent rapidement les rampes de la haute arête d'Arjoux et du Boucivre. Du côté nord, au contraire, les limites sont très incertaines, attendu que la nappe secondaire ne tarde pas à se dilater au-delà de Saint-Germain ou de Chessy, et que les bosselures du sous-sol

jettent la confusion dans les profondeurs du Bas-Beaujolais.

Il résulte de ces aperçus que le gîte de Sainte-Paule ainsi que celui de l'Arbresle, sont à considérer comme n'étant que deux bras avancés d'une même formation, dont le corps peut s'enfoncer sous la Saône quelque part vers Villefranche. Si d'ailleurs l'on était jamais tenté d'explorer cette partie de la contrée, il conviendrait de ne pas perdre de vue les protubérances de schistes métamorphiques, placées dans le bassin du Nizeron et de la Vauxonne, afin d'en éviter la trop grande proximité avec l'influence qu'elles peuvent exercer sur les lisières de la formation houillère. En cela, sans être profondément versés dans la science, les capitalistes explorateurs comprendront suffisamment que des études géologiques soignées doivent toujours précéder les recherches.

Il est inutile d'insister actuellement sur les caractères du gîte. Souvent masqué par les alluvions de la rivière ainsi que par les terrains secondaires, sujet aux inondations, il n'a fourni qu'un trop petit nombre de données : tout se réduit à savoir que ses couches sont assez fortement redressées, que les argiles schisteuses ont présenté de très belles empreintes, et qu'en outre diverses recherches ont fait découvrir une veine de charbon peu importante, quoique d'assez bonne qualité.

194. Le grand exhaussement syénitique du Boucivre n'a pas eu pour unique résultat de déterrer le lambeau de l'Arbresle. D'autres parties houillères ont obéi au même mouvement, et pour établir leurs relations réciproques, il convient d'exposer quelques détails au sujet de la vallée de la Brevenne.

Celle-ci se trouvant placée entre l'extrémité orientale de l'axe précédent et le flanc occidental de la chaîne d'Izeron (189), rentre dans la catégorie des dépressions de Villé ainsi que de Saône-et-Loire. On la verrait donc pareillement tra-

verser de part en part l'ensemble de la chaîne, si les annexes du système de Riverie ne posaient un barrage à l'extrémité SO de ce chenal; en ce sens on peut dire qu'il ne constitue pas une cluse complète. Cette même vallée présente d'ailleurs quelques étranglements, desquels résulte une subdivision en divers bassins, dont les plus remarquables sont ceux de Sainte-Foy-l'Argentière, de Courzieux et de l'Arbresle. Enfin elle se réunit à celle de la Turdine sur ce dernier point.

Examinons actuellement les conséquences de ces arrangements.

Le lambeau de la Turdine n'étant séparé de la Brevenne que par un très petit bourrelet, il est permis de concevoir une ancienne extension, en vertu de laquelle la formation houillère pénétrait dans l'encaissement de cette rivière, dont elle remontait le cours jusque vers ses sources. Et en acceptant cette supposition fort plausible, on comprendra immédiatement la disposition des gîtes de Courzieux ainsi que de Sainte-Foy-l'Argentière, puisqu'il suffira de tenir compte des diverses causes destructives pour rendre raison du morcellement par suite duquel ils se présentent de nos jours comme autant de membres isolés (23). Les soulèvements, en exerçant une forte pression sur les couches des parties de la vallée qu'ils étrécissaient, occasionnèrent un fendillement intense. L'action du temps et les chocs diluviens effectuèrent à leur tour leur travail habituel, et à cette occasion il faut rappeler que les blocs erratiques abondent sur les berges de la Brevenne comme sur celles de l'Azergues. Au contraire, dans les parties non comprimées, le terrain houiller put demeurer en place en raison de son état d'intrégrité et de l'amoindrissement de la vitesse des eaux torrentielles. Voilà pourquoi les lambeaux de Courzieux et de Sainte-Foy occupent précisément les évasements de la vallée.

195. Le résidu de Courzieux, ou autrement dit de la Giraudière, est situé sur la rive droite de la Brevenne; sa longueur est d'environ 3 kilom. avec une largeur de 500 mètres seulement. Etant généralement couvert de végétation, il est difficile de reconnaître la disposition de ses diverses couches. Cependant, près des Girauds, sur le bord de la Brevenne, une berge presque verticale permet de voir à la fois les schistes verts chloriteux avec leurs eurites et les roches houillères superposées. Les premiers sont dirigés du N au S, et inclinent d'environ 50° vers l'O. Le pendage des autres étant inverse, avec la même direction, on s'explique facilement l'espèce de ressaut que l'on remarque dans les prés à quelque distance de la rivière, en ce sens qu'il serait formé par la tranche des couches redressées.

Les assises en contact avec le terrain ancien sont fortement colorées en rouge, et l'on sait que ce caractère est assez général pour la partie inférieure de la formation (53). Parmi celles-ci, les unes sont des grès homogènes, les autres contiennent des cailloux de quarz laiteux, de schiste chloriteux à divers états métamorphiques, d'eurites rouges et blanchâtres. A ces couches succède un banc argilo-sableux verdâtre, de 5 mètres d'épaisseur, renfermant divers cailloux, couverts d'un enduit manganésien, noir, lisse et strié; les surfaces des fissures du banc présentent la même coloration, qui provient de quelques réactions chimiques opérées dans la masse. Un retour de conglomérat, du même genre que le précédent, est bientôt suivi d'une dernière assise de grès tenace, à grain moyen, dans lequel on découvre les premiers débris de plantes.

La puissance totale de cette partie inférieure est d'environ 10^{m}, et sa stratification n'est que légèrement contournée; mais il ne s'ensuit pas que l'ensemble du dépôt conserve cette régularité, car un peu plus loin, dans l'ancienne fendue

du premier ravin, on voit des schistes gris dirigés sur *Hor. 4*. Enfin, à l'autre bout, près du vieux château ruiné de la Rouche, sous la Rondanière, à côté de la Brevenne, le grès superposé au terrain ancien est quarzo-feldspathique, brun, à grain fin, à ciment siliceux et d'une dureté extrême. Cette variété se montre rarement dans les terrains houillers. L'orientation du banc est sur *Hor. 2*, avec une inclinaison qui paraît inverse de celle qui a été mentionnée en premier lieu. L'ancienne fendue pratiquée par la compagnie de Chessy n'avait montré qu'un banc de houille inexploitable de $0^m,5$ d'épaisseur, et aucun autre indice n'est venu me permettre de supposer que la tentative actuelle aura un meilleur succès.

196. A Ste-Foy-l'Argentière, où les ablations ont été encore moins considérables, parce que la station se trouve dans les parties supérieures de la vallée, le gîte houiller se montre sur les deux rives de la Brevenne et s'étend d'aval en amont sur une longueur de 10 kilom. avec une largeur maximum de 2 kilom. Les couches inclinent d'environ 30° vers le NE; elles sont d'ailleurs entrecoupées de failles, et l'on y a rencontré trois couches, dont une seule est exploitée. Sa houille est à longue flamme et peu collante. Au sujet de plus amples détails à l'égard de ces divers gîtes, on pourra consulter la *Minéralogie et Pétralogie des environs de Lyon*, par M. Drian. J'eusse même évité de m'écarter autant de mes bornes habituelles, si je n'avais eu à cœur de faire ressortir quelques caractères de nos roches houillères lyonnaises. Autant qu'il est permis d'en juger actuellement, on peut supposer qu'elles correspondent aux parties supérieures du terrain, ou bien à un ensemble très amaigri, conformément à ce que l'on doit attendre de l'ensemble des conditions de gisement.

En résumant, je dirai que le littoral de la mer houillère, pour un moment refoulé dans la Bresse à la hauteur de Romanèche et de Villefranche, a pu pénétrer dans le golfe de

Tarare, où il s'est partagé en plusieurs bras, qui sont ceux de Sainte-Paule, de l'Arbresle et de Sainte-Foy-l'Argentière. L'étendue qu'avait le premier est inconnue, puisque son extrémité est tronquée. Le second s'est arrêté naturellement entre les contreforts orientaux de l'extrémité de Boucivre, et le troisième au contraire s'est prolongé assez en avant dans le cœur de nos montagnes pour n'être séparé des plaines de la Loire que par une digue assez peu épaisse.

AFFLEUREMENT STÉPHANOIS.

197. Le golfe de Tarare a été contenu au sud par l'extrémité N N E de la chaîne d'Izeron, ainsi que par son principal contrefort, qui se détache de Saint-Bonnet-le-Froid, passe par la Tour-de-Salvagny et aboutit à la Saône sur le revers oriental du Mont-d'Or lyonnais. D'autres ramifications du même genre se prolongent successivement sur le Rhône, à Lyon, à Oullins, à Vernaison, et anticipent même sur la rive droite du fleuve jusqu'au-delà de Saint-Symphorien-d'Ozon. Il faut donc admettre un contour correspondant de la bordure charbonneuse qui doit se trouver retirée sous les parties avoisinantes de la Bresse et du Bas-Dauphiné. Enfin au sud du promontoire de Saint-Symphorien, le terrain houiller revient sur les bords du fleuve à Communay et à Ternay, stations évidemment placées en tête du long lambeau qui s'étend jusqu'au-delà de Saint-Etienne.

J'ai déjà insisté à diverses reprises sur les particularités propres à cette partie (10, 12, 16, 27, 28, 32, 35, 39, 42, 50, 53, 90, 108, 112, 116, 118 et 125), et cependant ces détails sont loin d'être complets, même en prenant mes expressions dans le sens qu'il faut leur attribuer d'après la contexture de mon travail. Actuellement je puis faire remarquer que l'apparition superficielle de la houille sur ces points se trouve encore une fois liée à des considérations orographi-

ques. En effet la zone est en connexion intime avec l'imposante arête du Pilat, dont la cîme culminante, le Crêt-de-la-Perdrix, atteignant l'altitude de 1450^{m}, se trouve dépasser toutes celles qui ont déjà été indiquées précédemment. La conclusion, déjà énoncée ailleurs, savoir : que la surélévation de l'un a eu pour effet de provoquer l'exhaussement de l'autre, vient donc très naturellement trouver ici sa confirmation.

198. D'un autre côté la vallée encaissante est une reproduction de celles de Villé et de Saône-et-Loire (173,182), en ce sens qu'elle coupe la chaîne Cébenno-Vosgienne; je ne suppose d'ailleurs pas que l'on veuille m'objecter ici l'insignifiante hauteur de 523 mètres du Pont-de-l'Ane, par laquelle les eaux du Furand sont séparées de celles du Gier. Elle est, dans son genre, et toute proportion gardée, du même ordre que le point de partage de la Bourbince et de la D'Heune à l'extrémité de la Côte-d'Or, ou que le col de Saales, placé entre les sources de la Meurthe et celles du Giesen. On peut même rappeler à cette occasion qu'il a été plusieurs fois question de prolonger le canal de Givors jusqu'à la Loire, et peut-être cette œuvre, si avantageuse pour les mines, eut-elle reçu son exécution sans l'établissement du chemin de fer de Saint-Etienne. Ces concordances tendent donc de plus en plus à prendre un caractère assez général pour provoquer l'attention des géologues, et nous aurons soin de les reproduire quand il s'agira de quelques-uns des prétendus bassins circonscrits du plateau de la France centrale.

199. Provisoirement j'ai mis à profit cette structure pour établir que le terrain houiller ne présente aucune limite réelle vers le SO, c'est-à-dire qu'il a dû déboucher dans les plaines de la Loire (27). Cependant à l'occasion de cet énoncé je n'ai pas suffisamment insisté sur l'indétermination qui règne du côté de la Fouillouse, et je vais ajouter de nouvelles données sur cette partie. *(Planche V.)*

Dans la direction de Roche-la-Molière, M. Gruner a signalé l'extension du terrain houiller jusqu'à Landuzière, station qui est en plein sur le versant de la Loire et à environ 4 kilom. des bords du Furand. L'étendue n'est guère moindre vers le N. En effet, averti par M. Edouard, directeur des mines de la Roche, près de Montaigu, qu'une demande en concession était faite relativement à une portion de terrain houiller placée sur le territoire de la Gouillonière, en face des mines de Villars, je gagnai cette hauteur en m'écartant de la grande route à partir du pont de Ratarieu. Le conglomérat inférieur du terrain houiller, caractérisé par ses blocs et par ses parties rouges, parut d'abord parfaitement suivi le long de la berge du torrent; bientôt les bosselures du micaschiste commencèrent à pointer au travers de cette nappe, qui, finalement, ne se montre plus qu'à l'état de petits lambeaux, dispersés çà et là; en suivant ces traces, je me trouvai conduit jusqu'à Villemagne, village perché sur une sommité d'où l'on domine parfaitement le bassin de la Loire. Là encore, près d'un abreuvoir, je retrouvai une portion du poudingue, composée d'un pétrissage de mica et de débris de micaschiste, anguleux ou arrondis, et rappelant, sauf la fraîcheur, les caractères de la roche de Serpaize près de Vienne (26). Non content de cette donnée, je continuai à gravir jusqu'à la Condouleuse, qui forme la partie culminante de ce contre-fort, mais je ne pus découvrir autre chose que des gneuss, des granits, du porphyre quarzifère avec un gros filon de quarz, et ces roches m'auraient sans doute amené au moins jusqu'à Saint-Héand, que je voyais à peu de distance devant moi, pittoresquement planté sur l'extrémité SO de la chaîne de Riverie.

200. N'ayant pas le projet de faire une carte détaillée de ces gisements, mais uniquement celui d'appuyer la vérité de mes propositions, je jugeai inutile de prolonger davantage cette

investigation. Elle suffit pour établir que les données géologiques concordent de la manière la plus exacte avec ce que l'orographie permettait de prévoir d'avance. De Villemagne à Landusière il n'y a pas moins de 7 à 8 kilom. en ligne droite, et c'est par cette large ouverture que le système houiller devait s'épancher vers la Loire, dont il rejoignait, selon toute apparence, les rives du côté de Saint-Rambert et d'Andrézieu. Le morcèlement, si évident sur toute l'étendue de mon trajet, explique d'ailleurs ce qui a dû arriver sur les rampes, dont la pente, passablement rapide, descend vers le fleuve; c'est-à-dire qu'ici tout a pu être décapé. Cependant on est autorisé à supposer que les parties abritées par les terrains tertiaires de la concavité d'Andrézieu, de Montbrison et de Feurs ont été conservées; il est même permis de concevoir leur ancien raccordement avec la Clayette, Bert, Blanzy, le Creusot, etc.; et par là se trouverait complétée la grande ceinture houillère qui enveloppait tout le massif des montagnes charolaises, beaujolaises et lyonnaises. Une seule lacune se manifeste dans les défilés de Roanne, sur les dernières ramifications de l'ONO de la chaîne de Boucivre; mais elle est étroite, et elle appartient à un espace sujet aux érosions. Dans la majeure partie de la surface comprise entre les bassins du Rahin et du Sornin la désagrégation des porphyres, leur incohérence presque sableuse, l'état mousse de leurs buttes, suffisent pour expliquer l'éparpillement des pellicules carbonifères de Régny, de Saint-Bonnet, d'Azolette et de Propières (83). Le support manquant pièce à pièce, la nappe a été réduite à l'état de minimes loques, dispersées çà et là. A plus forte raison, les couches houillères, certainement moins tenaces que les calcaires, ont dû être écaillées, pulvérisées et confondues avec l'ensemble des détritus de la surface du pays. Cette solution de continuité ne mérite donc pas d'être considérée comme devant indiquer une démarca-

tion réelle dans l'ensemble charbonneux qui s'étendait des bords de l'Arroux et de la Bourbince à ceux du Furand, et dont il est permis d'admettre la continuité encore plus loin, en amont de la Loire, puisque du côté d'Aurec la circonscription n'est pas plus nette qu'à la Fouillouse (27).

201. J'ai été également un peu trop bref dans mes détails au sujet de la structure de la vallée du Gier (35). Si j'avais voulu compléter l'exposé de mes données, j'aurais pu indiquer comme s'ajoutant à sa symétrie, un bourrelet latéral au Pilat. Les traces en sont indiquées par une série de cols qui séparent les points culminants des contreforts d'avec la chaîne principale. En se plaçant près de Longes, on peut les voir se profiler de la manière la plus remarquable par le Marlin, la Croix-Mazet, Pont-la-Terrasse, la Valla, et aboutir près de Rochetaillée à la vallée du Furand; peut-être en retrouvera-t-on les traces dans les accidents du terrain houiller du bassin de l'Ondaine, près du Chambon et de Firminy, et en tous cas les mineurs pourront s'assurer de ces relations que la nature de leurs travaux doit les porter à examiner avec soin. La tâche leur sera singulièrement facilitée par le résultat des travaux de M. Gruner, dont je n'ai guère pu faire mention, parce que les objets de nos études respectives sont entièrement différents; lui, ayant pour but dans son *Texte explicatif de la Carte du bassin houiller de la Loire*, de faire connaître les détails de l'organisation de son terrain, et moi, me contentant pour le moment de jeter un coup-d'œil sur sa surface. Mon plus vif désir est de le voir admettre que des études rationnelles ont quelquefois été faites à l'occasion de son domaine, et en cela je place au rang de mes meilleurs juges l'excellent ingénieur, dont la carte se recommande si bien d'elle-même à l'attention des géologues et des praticiens.

AFFLEUREMENTS DAUPHINOIS.

202. Au NE de Saint-Étienne et de Rive-de-Gier, le terrain houiller, si fortement comprimé à la hauteur de Tartaras et de Montrond, se dilate au moment de s'abaisser dans la plaine de Givors (27). La brève traversée du Rhône conduit à Ternay et à Communay, où une nouvelle suite d'affleurements, placée entre les granits et les gneuss, ne permet pas de mettre en doute la prolongation de la zone stéphanoise vers l'intérieur du Dauphiné. J'ai indiqué cette circonstance en 1838, dans mon ancienne description des gîtes houillers de ces localités, et s'il m'a fallu témoigner le regret que j'ai éprouvé en voyant la carte de M. Gruner, arrêtée fort loin en arrière par suite de circonscriptions administratives, complètement en désaccord avec les données de la science (10), je dois du moins saisir cette occasion pour reconnaître que l'ingénieur admet avec moi, dans son texte, la connexion des parties respectives.

Cependant j'ai entendu quelques amateurs élever, à l'encontre de ce raccordement, des objections basées, non pas sur l'insignifiant bourrelet de granit et de gneuss qu'il faut gravir pour arriver aux gîtes houillers, mais bien sur la nature même des combustibles respectifs ainsi que sur quelques roches accompagnantes. Celles-ci présentent, en effet, une physionomie assez spéciale à Serpaize et à Chonas; mais ayant déjà fait observer (26,199) que cet état ne constitue qu'un cas particulier de la contexture des conglomérats inférieurs, il est inutile de s'appesantir davantage sur cette partie de la question.

203. L'autre cause d'hésitation provient de ce que les charbons de Ternay ainsi que ceux de Chonas sont anthraciteux, tandis qu'à Rive-de-Gier les houilles sont collantes. On a donc rappelé que dans le pays de Galles, dans le Staffordshire, dans le bassin de la Ruhr, qu'à Namur, Charleroi, Vicoigne,

Vieux-Condé et Fresne, la houille anthraciteuse se trouvant à la partie inférieure du système houiller, il doit exister du côté du Dauphiné quelque étage plus ancien qu'aucun de ceux de la rive droite du Rhône.

En se livrant à cette exagération, on a perdu de vue deux faits essentiels. D'abord celui de la similitude sus-mentionnée des roches de la base du terrain, laquelle ne permet évidemment pas d'admettre pour les environs de Vienne un dépôt plus ancien que ceux de Saint-Étienne, et par suite, de supposer des formations distinctes. D'un autre côté, on a oublié que la nature plus ou moins maigre de la houille n'est absolument d'aucune importance dans la question prise sous le point de vue théorique. J'ai déjà combattu (116) ces assertions, déduites des arrangements anglais, belges et westphaliens, en me basant sur diverses considérations géologiques; je puis compléter actuellement ces aperçus à l'aide de ceux qui me sont fournis par les nombreuses analyses de M. Gruner. Elles ont conduit ce savant géologue à distinguer dans le bassin stéphanois, et en particulier à la Vaure, à la Chazotte et à la Calaminière, des houilles anthraciteuses, c'est-à-dire caractérisées par ce défaut de bitume qui paraissait de nature à motiver des objections relatives à Ternay.

Leur composition, exprimée en moyenne par :

Carbone.	91,6
Hydrogène.	4,65
Oxigène et azote	3,75

établit un intermédiaire entre les houilles grasses et dures et les anthracites de M. Regnault (115).

M. Gruner a d'ailleurs fait l'observation que les charbons de Saint-Étienne et de Rive-de-Gier ne sont pas d'autant plus anthraciteux, qu'ils proviennent de couches moins élevées, géognostiquement parlant; et il conclut de ses recherches que « ce n'est pas l'*époque de la formation* qui a exercé une

« certaine influence sur la nature de la houille; c'est plutôt « la *situation des lieux* où le combustible s'est développé ou « déposé. » En cela nos énoncés respectifs ne diffèrent en rien d'essentiel. Si d'ailleurs il fallait absolument trouver, sur les plaines de la rive droite du Rhône, des houilles grasses et flambantes, pour convaincre les incrédules, il serait permis de citer les lamelles incluses dans les grès et les argiles schisteuses de Chamagnieu, quoique la nature des roches ainsi que du charbon portent à considérer les produits de cette dernière station comme appartenant à un étage supérieur à l'ensemble de Ternay. En effet les détails suivants vont faire ressortir les relations des deux gisements.

204. Le terrain houiller de Ternay se trouve compris entre deux rides primordiales *(Pl. VI)*, dont l'une, placée au N, à Saint-Symphorien-d'Ozon, est liée aux diramations de la chaîne d'Izeron; l'autre, au S, fait suite au Pilat, dont la forte membrure se soutient entre Ternay et la plaine de Roussillon, malgré l'abaissement saccadé de sa dorsale vers le NE. De leur parallélisme, ainsi que de l'inégalité de leurs dimensions, il est résulté que le terrain houiller, si resserré à Tartaras, et qui gagnait déjà un peu de largeur auprès de Givors, a pu se dilater rapidement du côté de la bordure la plus courte ou la plus faible, c'est-à-dire de Saint-Symphorien d'Ozon. Aussi lui voit-on acquérir presque subitement, à partir de la Grange-de-Mars, sur une longueur connue de 500^{m}, une largeur de 12 kilomètres, au lieu de 400^{m} qu'il avait en amont. Il était naturel de conclure de ces allures que les explorations ultérieures dans cette localité doivent être portées successivement et aussi loin que possible au NE, au travers des conglomérats bressans et des molasses, puisque c'est le sens de la prolongation des divers éléments orographiques et géologiques de la contrée. Cependant je ne me suis pas arrêté à des indications aussi simples. Le re-

dressement du granit à Frontonas, point que l'on peut considérer comme étant placé sur la rencontre des extrémités du Pilat et du Jura, m'a fait supposer que là aussi la formation charbonneuse pourrait reparaître au jour, et l'on a vu *(pag.* 5) de quelle manière mes conjectures se sont trouvées vérifiées par la découverte de l'affleurement de Chamagnieu. Il restait à utiliser ce nouveau résultat, et voici les aperçus que j'ai déduits de l'inspection du terrain.

Le soulèvement granitique de l'extrémité NE de l'axe du Pilat, sans offrir une masse comparable à celle de cette montagne, s'élève cependant à l'altitude d'environ 330^{m}, et sa largeur est d'environ 1600^{m}. C'en est assez pour établir une démarcation prononcée entre les terrains sédimentaires, dont les tranches viennent butter contre les deux flancs de la saillie primordiale.

A l'ouest, Chamagnieu montre principalement son affleurement de terrain houiller, dont le pendage, pris en gros, sera vers le NO. Cette apparition doit d'ailleurs correspondre à celle de Ternay, qui est située sur le même versant du Pilat. Sur le revers opposé, on ne voit que les calcaires jurassiques, inclinant en sens inverse, c'est-à-dire vers le SE; les couches les plus profondes que l'on puisse découvrir dans le vallon de Maupertuis sont les marnes supraliasiques, surmontées de leurs couches ferrugineuses et des calcaires supérieurs, de manière que l'ensemble forme au-delà de Panossas une série de buttes qui se propagent vers Trept, dans l'intérieur du Dauphiné. En suivant au contraire la bordure de ces couches calcaires vers le SO, on les voit s'abaisser presque immédiatement à Serre, puis disparaître momentanément sous les plaines marécageuses de la Boubre, et se relever sur la même direction à la Verpillière, à Fallavier, à Saint-Quentin, étant accompagnées de quelques exhaussements et failles, bien connus dans les travaux d'exploitation

des couches du minerai de fer supraliasique. Au-delà de ce dernier endroit, elles s'effacent de nouveau sous les molasses et les conglomérats bressans, qui, en général, couvrent toute la contrée, jusqu'à la rencontre des buttes granitiques de Vienne. Ces dispositions conduisent à conclure que ces calcaires sont appliqués contre le flanc méridional de l'axe du Pilat; et comme de ce côté on voit surgir le terrain houiller à Chonas, on est en droit de supposer que celui-ci se soutient sous les calcaires jusque vers Panossas de la même manière que la partie de Ternay continue au moins jusqu'à Chamagnieu.

205. Dans l'intervalle de ces deux lignes, légèrement convergentes vers le N E, il reste un espace qui, de Chamagnieu à Maupertuis, de même qu'auprès de Vienne entre Ternay et Chonas, est rempli par les saillies granitiques, mais dont les dépressions intermédiaires sont masquées par les tourbes des marais de la Verpillière, par le diluvium, par le conglomérat bressan, par les molasses, et peut-être encore par des étages secondaires dont l'épaisseur est inconnue, de façon à présenter la perspective des imprévus de toutes les espèces.

Ces détails géologiques étant bien compris, on voit que pour le côté déjà connu de Chamagnieu, il convient de s'écarter autant que possible vers le N O, afin d'éviter l'influence trop immédiate des roches primitives. On a d'ailleurs devant soi, jusqu'à Crémieux, une longue étendue, sur laquelle on voit çà et là le lias affleurer presqu'au niveau des plaines. Il est même possible que le terrain houiller apparaisse au jour sur le contour de l'extrémité N E de la protubérance granitique du côté de Miange et de Bourcieu.

La partie intermédiaire, depuis les marais de la Verpillière jusque sous les conglomérats d'Heyrieux, a été tellement travaillée par les torrents diluviens qu'il est impossible de prévoir ce qui peut arriver sur cette étendue. D'ailleurs,

comme on l'a dit précédemment, on risque d'y trouver des parties de terrains tertiaires et secondaires, de façon qu'une recherche, établie quelque part sur son étendue, laisse craindre la chance de ne pas conduire au but, même après des dépenses considérables. La prudence exige donc de délaisser cette partie au moins pour un début.

Il reste encore le revers méridional, où le lias inférieur vient affleurer à Saint-Quentin. En adoptant ce point, on aurait évidemment à traverser la moindre épaisseur possible de morts-terrains, puisqu'elle se réduit à une faible puissance jurassique, à laquelle il faut ajouter celle du trias, qui, à en juger par son état atrophié dans les environs de Lyon, peut ne pas avoir de très grandes dimensions. Cet emplacement étant d'ailleurs plus éloigné de Chonas que Chamagnieu, on est autorisé à concevoir l'espérance d'y trouver les houilles bitumineuses qui sont propres à cette dernière localité. Enfin la crainte de ne pas rencontrer le terrain houiller sur cette partie doit céder devant une considération. C'est celle des lambeaux, qui, surmontant le dos abaissé du Pilat, à Serpaise et à la Poype, pour aboutir à Chonas, constituent autant de traces d'une nappe que l'on peut supposer intacte au loin de ces reliquats superficiels de l'action diluvienne, dont les résultats sont si manifestes dans la coupure que suit le Rhône de Givors à Condrieux. De même que cela est arrivé pour plusieurs localités déjà indiquées, Anzin, Schœnecken, Homberg, Jægerthal, Ronchamp, Blanzy, Decize; de même encore qu'on le constatera pour d'autres stations qui seront mentionnées ultérieurement, les sédiments supérieurs ont sans doute abrité le terrain houiller de Saint-Quentin contre les actions érosives. Quant aux chances de rencontrer d'anciennes dénudations ou des saillies du sous-sol pareilles à celles de Villé (21), et du puits de l'Ouche (58), il faut convenir qu'elles sont assez minimes

pour devoir être rangées dans la classe des prévisions d'un ordre inférieur. Il faudrait renoncer à toutes les autres entreprises commerciales ou industrielles du moment où l'on voudrait mettre en ligne de compte les divers évènements que l'imagination peut se figurer. Après tout, un premier insuccès donne au moins quelques aperçus pour régler sa conduite ultérieure, de manière qu'un déplacement du genre de ceux de Ronchamp (40) ou de Marle (167) peut être suivi des mêmes succès.

Des explications aussi catégoriques, données dans mes cours, devaient être comprises, et dans ce moment une compagnie travaille d'après les bases précédentes; le lias a été bientôt traversé, et la sonde fonctionne dans le grès bigarré. D'autres tentatives sont également la conséquence de mes indications: M. Drian a réuni des sociétés d'exploration pour Chamagnieu et Chonas, de façon que tôt ou tard, on saura si l'industrie lyonnaise, d'un peu plus loin ou de plus près, peut espérer de nouveaux points d'appui.

AFFLEUREMENTS VIVARAIS.

206. L'axe du Pilat peut être considéré comme figurant de nos côtés la limite du jurassique septentrional; il faut descendre le Rhône jusqu'au rocher de Chateaubourg, en amont de Valence, pour voir surgir un pointement oxfordien, premier indice du jurassique méridional que caractérise l'absence de l'étage oolithique. L'intervalle entre Chonas et les buttes primordiales de Saint-Vallier est d'ailleurs comblé par l'épaisse couche des molasses ainsi que des conglomérats bressans, qui s'avancent jusque contre le pied de la longue et rude falaise, par laquelle se termine, aux bords du Rhône, entre Annonay et Tournon, le bas-plateau de l'Ardèche. On doit donc admettre que sur toute cette étendue il existe une profonde dépression, analogue à celle qui a déjà été signalée pour les

environs de Colmar (176), et dans laquelle on ne pourrait découvrir la présence du terrain houiller qu'à l'aide de sondages d'une profondeur démesurée.

Cependant en continuant à cheminer vers le sud, l'arête culminante des montagnes cévenoles, momentanément déprimée à la suite du Pilat, s'élève peu à peu de façon à aboutir enfin à la haute cîme du Tanargue, placée à l'ouest d'Aubenas. Abstraction faite des recouvrements volcaniques, cet exhaussement peut être indiqué en gros par la différence qui existe entre les deux stations suivantes :

Montagne de Vernon au SO de St-Bonnet-le-Froid. 1158^{m}
Plateau du Tanargue 1528

Cet accroissement successif s'exprime d'ailleurs d'une autre manière par la hauteur qu'acquièrent les contreforts entre Annonay et Aubenas, de façon que leurs traversées deviennent de plus en plus pénibles, quand on passe de Saint-Félicien à Lamastre, puis au Cheylard et à Valz. En même temps, la formation jurassique, qui ne montrait que timidement ses étages supérieurs à Chateaubourg, à la partie nord de la montagne de Crussol et à la Voulte, fait saillir ses couches liassiques compactes autour de Privas et ensuite à Aubenas. Le grès bigarré se relève en même temps en dépassant, comme de coutume, la lisière jurassique. Enfin, au flanc septentrional du Tanargue, surgit le terrain houiller, dernier terme de cette filiation secondaire.

207. Ce lambeau s'étend de Jaujac à Prades, dans la direction du SO au NE, suivant l'axe du ruisseau de Salendre, dont il remplit la vallée. Il n'est point encaissé en amont; latéralement il est serré entre deux chaînes rivales en hauteur, le Tanargue au S et un contrefort plus court au N. Celui-ci donne vers le NE une issue par laquelle le terrain s'échappe au travers de l'Ardèche, de manière à se montrer encore contre les roches primordiales du côté de Valz; enfin

son allure est déterminée par un contrefort de granit-gneuss, détaché du Tanargue, et qui se soutient le long de la route jusqu'à la Bégude, près d'Aubenas. On conçoit après cela l'étrange torture de cet affleurement, pincé entre ses deux bordures méridionale et septentrionale, puis encore redressé par ce barrage inférieur. Je l'ai vu grimper en amont, au-delà de Jaujac, jusqu'aux rampes décharnées de la partie culminante du Tanargue, contre laquelle ses couches forment un dernier gradin, assez haut placé pour qu'il soit permis d'attribuer à cette partie un rang parmi les altitudes remarquables qu'atteint le terrain houiller en France (12). Des lambeaux entiers sont également portés à d'assez grandes élévations sur le dos du bourrelet de la Bégude; celui-ci d'ailleurs ne les sépare d'avec le grès bigarré qui s'avance d'Aubenas que par un intervalle de quelques centaines de mètres. Enfin une dernière protubérance, du même genre, mais plus exiguë, vient encore subdiviser la nappe houillère en deux branches du côté de l'Ardèche.

208. Je laisserai à M. Danton, qui dirige avec habileté la difficile exploitation de cette localité, le soin de faire connaître les divers plis et replis de son terrain, ainsi que la nature des couches, parmi lesquelles la partie inférieure du système houiller peut être reconnue à ses conglomérats, composés de gros blocs de quarz, de granit et de gneuss, et entremêlés de parties très micacées et rubigineuses. La science ne pourra que gagner à ces détails. Pour le moment il suffit d'avoir fait ressortir ce qu'il y a d'indécis dans la prétendue circonscription du lambeau; d'ailleurs, pour fournir aux études ultérieures une nouvelle donnée, j'ajouterai que les phénomènes érosifs acquièrent dans les environs un degré d'amplitude très remarquable. On peut voir des lits de blocs erratiques et de très gros cailloux, non seulement sur les rives du Salendre, à Jaujac (alt. 413^{m}), mais encore à 100

et 300 mètres plus haut, partout où les corniches houillères et du granit-gneuss leur ont présenté, au milieu des pentes rapides du Tanargue, quelques replats, sur lesquels ils ont pu se maintenir. Ces blocs sont composés des granits porphyroïdes, ou gneussiques, confus et pinitifères, propres aux montagnes du pays; mais parmi eux l'on ne peut plus trouver ces basaltes, si communs dans les détritus des vallées du nord de l'Ardèche, parce que les anciennes éruptions volcaniques du plateau n'ont pas étendu leurs coulées jusque vers les sources du Salendre. Après les nombreux aperçus, déjà émis au sujet de l'influence des agents destructeurs, sur la déchiqueture des affleurements houillers, il est, je pense, inutile de faire ressortir plus particulièrement celles qu'ont pu exercer sur celui de Jaujac et de Prades, des causes de dégradation assez puissantes pour avoir abandonné leurs *délaissés* sur les hauteurs indiquées. Ce serait se livrer à une fastidieuse répétition des arguments émis au sujet de l'ablation des lambeaux houillers, qui, dans l'état originaire, devaient relier les parties visibles avec ce qui est caché un peu plus loin sous les sédiments postérieurs. Cependant je reporterai l'attention sur ce qui a été dit relativement aux effets combinés des soulèvements et des érosions (22). Les reliquats de Vernoux, de Prantes, de Charmes, du col du Prunet, feront juger de ce qui est arrivé au pied du Tanargue; ils expliqueront suffisamment les écorchures de certaines plages ainsi que l'exhumation des entrebandes granitiques, par lesquelles les diverses parties sont séparées les unes des autres.

AFFLEUREMENTS CÉVENOLES.

209. Malgré ses dimensions, le Tanargue n'est qu'une annexe du massif bien autrement important des Cévennes proprement dites, et dont la partie culminante est représentée par

la Lozère, qui compte sur sa crête les sommités suivantes :

Tête-de-Bœuf vers Genolhac. . .	1,587^{m}
Bois-des-Armes	1,584
Roc-des-Aigles (Mont-Lozère) . .	1,690
Le Malpertus	1,653
Le Crucinas	1,708

Cette dernière saillie constitue le point le plus élevé qu'atteignent les terrains primordiaux dans l'intérieur de la France.

La grande gibbosité en question est complexe, et l'on peut la considérer comme formée de l'entrecroisement des divers axes de la chaîne Vivaraise, de la chaîne Morvan-Forézienne (180), de la Margeride et de la Montagne-Noire, qui semblent se nouer ensemble, de manière à constituer un vaste plateau, dont les bosselures se découvrent parfaitement des hauteurs à l'est de Mende. Cependant les traits les plus apparents sont fournis par la rencontre de la dorsale vivaraise et de la Montagne-Noire, dont l'une arrive du NNE et l'autre de l'OSO, de manière à constituer le remarquable rempart qui sépare la France centrale des plaines du Rhône et des pays-bas languedociens. De leur soudure résultent la ligne de faîte de la Lozère et son cap abrupte, qui domine de si haut la région de Joyeuse, des Vans, de St-Ambroix, d'Alais, de Nîmes et de Montpellier.

210. Les relations hydrographiques font encore mieux ressortir la remarquable structure de ce vaste ganglion montagneux. C'est au milieu de ce plexus que s'effectue le triage des eaux qui se rendent dans la Garonne, dans la Loire, dans le Rhône et directement dans la Méditerranée. Sur le côté concave du rempart, l'Allier, le Lot, le Tarn et la Dourbie, obéissant à la pente la plus douce, s'étendent au loin avant de se marier avec les deux grands fleuves tributaires de l'Océan. Du côté convexe et escarpé, on voit les rivières tor-

rentielles, le Chassezac, la Cèze, le Gardon, la Vidourle, l'Hérault, rayonner dans les directions comprises entre O-E et N-S, à la manière des branches d'un éventail. La rapidité des pentes, les énormes crues produites par les averses méridionales, la nature meuble d'une partie du terrain, ont fait jouer à ces courants un rôle érosif digne de la plus grande attention; il a contribué pour une part notable à l'arrangement des parties houillères, déjà prédisposées par les soulèvements à en subir l'influence. Mais pour démontrer ces influences diverses, il convient de reprendre les terrains secondaires à partir du point où ils ont été laissés (206).

211. L'oxfordien de la Voulte pénétrant dans le bassin de l'Ouvèze à Privas, s'élève au col de l'Escrinet, et forme les Coyrons, haut plateau dont les bancs plongent du NO au SE vers le Rhône et l'Ardèche, sous les assises néocomiennes qui venant des montagnes subalpines de la Drôme, s'étendent en ligne presque droite du côté d'Alais et de Montpellier. La marge de l'étage jurassique supérieur ne suit pas une allure aussi simple que cette dernière. Depuis les Coyrons, elle s'avance par un grand circuit autour de la pointe orientale du Tanargue, de manière à comprendre dans la ceinture de ses escarpements la jolie ville méridionale des Vans. Sur le versant SE, la surface des assises, s'étalant au loin, constitue les grands plans doucement inclinés du Gras-Denave et du bois de Païolive; mais à Pigère, un rejet exhausse à l'altitude de 502^{m} le scabreux piton de la Bannelle, et en même temps un nouveau refoulement, provoqué par l'extrémité E de la Lozère, fait naître un second circuit pareil au précédent. On voit donc sa bordure fuir au SE jusqu'au roc d'Uzège, près de Saint-Brès, trajet dans lequel ses plateaux pentifs s'effacent également sous les terrains néocomiens et tertiaires. Cependant, malgré quelques intermittences, l'arc de cercle se complète par les appari-

tions de Saint-Julien-de-Valgalgues, d'Alais et d'Anduze.

212. Ce premier rempart bastionné est garni intérieurement par les rebords liasiques, d'abord masqués sous les assises transgressives de l'oxfordien. Tel qu'on l'a vu apparaître momentanément dans les concavités du Mezayon près de Privas et de l'Ardèche près d'Aubenas, tel encore le lias se montre à 2 kilomètres en aval de l'Argentière avec ses crinoïdes pentagonales, ses pectens lisses et striés, ses fragments de pinnes, ses débris d'ammonites et surtout ses gryphées. Il laisse également surgir ses bancs aux pieds des escarpements des Vans, puis à Banne près de Pigère, et enfin il se dilate rapidement depuis Pierremorte, en passant à côté de Bessège et de la Grand'Combe, de manière à compléter ce qui peut manquer au cordon oxfordien.

213. Le trias, avec des allures plus indépendantes, remonte, à l'ouest de l'Escrinet, sur la montagne de Gourdon, s'élève dans la vallée de l'Ardèche jusqu'auprès de Valz, grimpe fort haut sur le Tanargue à l'est du col du Prunet, et pénètre profondément dans le golfe compris entre l'Argentière et les Vans. Ici il offre une modification importante dans ses caractères, en ce sens que ses parties supérieures sont chargées de galène et de blende, tandis que ses couches inférieures affectent la physionomie du grès rouge permien. Ce dernier état, qui se montre particulièrement sur le pied méridional du Tanargue, mérite d'autant plus d'être étudié avec attention, qu'il paraît être l'indice du retour d'un étage effacé depuis les Vosges. Il nous a déjà occupé (64), et nous aurons occasion de le revoir quand il sera question des environs de Neffiez, mais pour le moment, nous compléterons la lisière générale du trias, en faisant remarquer qu'elle suit, à peu de chose près, l'inflexion du jurassique inférieur à l'extrémité de la Lozère.

214. Le terrain houiller, beaucoup moins étendu en lon-

gueur, se montre cependant à sa place normale, avec un magnifique développement dans une position et avec des allures qui seront bientôt définies.

Enfin, autour des noyaux culminants granitiques, s'étale une vaste nappe, composée de schistes, dits talqueux, parce qu'ils sont le plus souvent lustrés, nacrés. On peut cependant reconnaître dans ces masses, médiocrement métamorphiques, les schistes argileux ardoisiers du silurien inférieur. Leur apparition n'est nullement indifférente, du moment où l'on sait tenir compte des caractères d'association. En effet, ces schistes, bien qu'ils soient beaucoup plus anciens que les terrains houillers, quoiqu'ils aient subi les conséquences ordinaires d'un plus grand nombre de révolutions, n'en sont pas moins liés à ceux-ci par une certaine affinité géologique. Que remarque-t-on, en effet, entre les houillères de la Belgique et de la Prusse, si ce n'est l'ardoise de l'Ardenne et du Hundsruck? De même, autour des Vosges, on voit les ardoises endurcies de Wissembourg et du Champ-du-Feu; elles manquent en même temps que le charbon depuis le N du Bonhomme jusqu'au S des montagnes de la vallée de Munster; mais ils reviennent l'un et l'autre autour des Ballons. On les retrouve sur quelques points au sommet et à la base du chaînon Mont-Saint-Vincent, près des gîtes de Saône-et-Loire; ils abondent dans la vallée de la Brevenne, où se trouvent Sainte-Foy, Courzieux et l'Arbresle (189); enfin quelques schistes lustrés des environs de Longes et de Saint-Priest-la-Roche paraissent devoir se rapporter à la formation en question, et ils sont voisins des gîtes stéphanois. Par contre ces roches font défaut en même temps que la houille depuis le Pilat jusqu'au sommet du Tanargue; du moins j'ai parcouru vainement les vallées et les sommités d'Annonay, d'Yssengeaux, du Puy, de Saint-Agrève, de Tournon, du Chaylard, de Mézilhac, de Borée, et des environs d'Aube-

nas, sans pouvoir les rencontrer. Tout ce vaste espace m'a paru composé d'un pétrissage confus et métamorphique de micaschistes et de granit caractérisé par un singulier développement de la pinite, ainsi que j'en ai rendu compte au congrès géologique tenu à Valence. Mais, du Tanargue à l'Espinouse, près de la Montagne-Noire, et de l'Espinouse aux montagnes du Var, c'est toujours le même système, un peu plus ou moins ancien, qui apparaît avec ses houilles. Sans doute je ne prétends pas dire qu'il faille immédiatement espérer de rencontrer celles-ci dès que l'on trouvera quelque part une plaque d'ardoise ; il y a même des indices encore plus prochains dans la présence du terrain carbonifère (60); cependant un avertissement est déjà quelque chose, et en géologie surtout il importe de savoir être averti. On excusera donc cette digression du moment en faveur de son importance, et avant d'aller plus loin, je ferai encore ressortir une autre particularité essentielle. Elle concerne la disposition des terrains sédimentaires supérieurs.

215. Leur lisière a été indiquée telle qu'elle apparaît de nos jours, et l'on a vu entre autres qu'à partir de Pierre-Morte le lias couvre de larges surfaces que traversent la Cèze et le Gardon, tandis que le trias ne se dessine plus que sous la forme d'une bande plus ou moins étroite. Cette différence peut paraître insignifiante au premier aspect; cependant en y regardant de plus près, on demeure bientôt convaincu qu'elle ne doit pas être négligée.

D'abord il importe aux explorateurs de ne pas s'écarter mal à propos de la moindre épaisseur des morts-terrains que le trias peut leur offrir pour simplifier leurs sondages. En outre, si l'on examine avec quelque attention les belles cartes de M. Em. Dumas, on s'assurera bientôt qu'aux environs de Bessège et d'Alais, le trias s'avançait originairement à l'ouest beaucoup au-delà de ses limites actuelles. Il suffit de

suivre, sur les hauteurs de la Cèze, la file de lambeaux qui se prolonge en remontant depuis Bordessac jusqu'à Aujac, de noter aussi ceux de Tarabias et de Cabanis, de mettre également en ligne de compte la bande comprise entre les Salles et Blannave vers l'amont du Gardon, pour reconnaître que la délimitation actuelle est fort en arrière de l'ancienne lisière. Celle-ci devait remonter jusqu'au pied des coupoles granitiques de la Lozère. Des causes quelconques l'ont démantelée et réduite aux menus débris qui viennent d'être indiqués, et auxquels on pourrait en ajouter quelques autres, dont l'existence a passé inaperçue, parce qu'ils ont été confondus avec les grès houillers. Un échantillon de ces restes est au sommet de la Levade, près de la Grand'Combe.

216. Un autre phénomène curieux résulte de la distribution de ces vieux vestiges *(Pl. VI)*. On a vu qu'entre le Tanargue et la Lozère ou de l'Argentière aux Vans (215), la nappe du grès bigarré s'avance vers l'axe cévenol, de manière à présenter en quelque sorte la configuration d'un golfe. Eh bien, ici encore, de Villefort à Mende, une file de lambeaux contenus dans le bassin méditerranéen du Chassezac, s'étend jusqu'au bassin océanique du Lot; elle établit par cela même le fait d'une ancienne relation des nappes du Gévaudan ainsi que du Rouergue avec celles du bassin du Rhône.

Sur la dizaine de débris triasiques répartis dans cette étendue longitudinale de 38 kilomètres, il en est plusieurs qui sont surmontés de calottes calcaires, tandis qu'aucun d'eux ne recouvre des portions du terrain houiller; on peut donc encore conclure le fait d'un raccordement des deux versants, lequel a dû être effectué par l'intermédiaire d'un bras de mer, établi dans cette position postérieurement à l'époque houillère. En cela le détroit en question différerait de ceux de Villé, de Saône-et-Loire et de Saint-Étienne, à moins que

l'on ne veuille admettre l'hypothèse, très permise actuellement, du décapage de la partie houillère, qui, avant l'arrivée des dépôts triasiques, aurait également traversé d'un côté à l'autre. Quelle que soit l'opinion que l'on voudra se faire à cet égard, ce n'en sera pas moins un fait très digne d'attention que cette succession d'entailles, dirigées tantôt directement de l'E à l'O, ou obliquement du NE au SO, et qui toutes ont tronçonné profondément la longue dorsale cébenno-vosgienne. Elles sont à ranger parmi les plus belles preuves à alléguer en faveur de l'état insulaire du sol français pendant les périodes secondaires et anciennes, au nombre desquelles il faudra nécessairement compter l'époque houillère (160).

217. Arrivons enfin aux gîtes charbonneux du pays.

Déjà on a indiqué en gros la position de ceux-ci à leur rang normal dans la hiérarchie sédimentaire (214), et cet échelonnement, il faut le dire, n'est, certes, pas le résultat d'une œuvre fortuite, comme celle du remplissage d'un bassin lacustre, dont la position ne peut pas être assujettie à des lois. Toutefois, avant de considérer cet énoncé comme définitivement acquis, il faut encore établir qu'il ne s'agit pas ici d'une simple apparence superficielle, mais que tout s'accorde de manière à prouver le plongement des couches houillères sous les terrains plus récents.

Le gîte de Jaujac, ainsi qu'on a dû le comprendre, n'a rien d'assez nettement limité pour qu'il soit interdit d'admettre une prolongation vers Aubenas et un contour sur le versant méridional du Tanargue, sous la plaine de l'Argentière ainsi que des Vans. Cependant il y est masqué, mais il reparaît brusquement à Pigère au milieu de conditions essentiellement caractéristiques. En effet ce point élevé est placé à l'extrémité orientale de Montagne-de-Barre, chaînon dérivé de la Lozère, bien connu pour les minerais qu'il fournissait

aux fonderies de Villefort, et qui, avec son altitude de 911^{m}, domine de haut la plaine des Vans (alt. 172^{m}). L'érection de cette muraille schisteuse a été accompagnée de l'exhaussement subit du houiller, du trias et de l'oxfordien au-dessus de toutes les parties correspondantes laissées dans le fond de la plaine des Vans. Cette dénivellation, accompagnée de ressauts, se traduit d'abord par la haute rampe qu'il faut gravir pour atteindre les plateaux des Gras-Denave et de Païolive. Elle est caractérisée plus particulièrement encore par l'établissement du piton de la Bannelle (211), au pied occidental duquel sont précisément placés les affleurements houillers et triasiques de Pigère, suivis par les schistes siluriens de la Montagne-de-Barre, de manière à présenter dans un très court espace l'ensemble des diverses formations du pays. En d'autres termes, tout dénote ici l'existence d'un grand rejet, ayant pour résultat essentiel celui de ramener au jour le terrain houiller, dont les traces s'étaient perdues en aval de Jaujac et de Prades.

218. Dès ce moment (*Pla.* VI) l'ensemble charbonneux se montre sous la forme d'une nappe, plongeant vers le sud, depuis l'altitude de 474^{m}, qu'elle atteint à Pigère, jusqu'à celle de 204^{m}, qu'elle conserve à la Grand-Combe. Cependant la continuité, sans être interrompue à l'extrémité inférieure, présente à l'amont une subdivision longitudinale en deux lambeaux parallèles, qui sont, à l'est la zone de Pigère et de Bessège, à l'ouest celle de Portes et de la Grand-Combe. Ce déchirement provient de l'intrusion du bourrelet schisteux de la montagne de Rouvergue, dont le point culminant (alt. 698^{m}) dépasse de 445^{m} le niveau houiller à la Grand-Combe. L'influence exercée par un pareil coin a été de produire divers plissements et failles, dont on pourra trouver les détails dans un travail de M. Callon, sur la *Géologie des Houillères de la Grand-Combe* (*Ann. des Mines*, 4me série, tome XIV). Pour

moi, prenant la question à mon point de vue, je ferai d'abord ressortir l'identité des dispositions générales de la localité avec celles des environs de Ronchamp (177). Le promontoire du Ballon de Roppe est un équivalent de celui de la montagne de Rouvergue, et le lambeau de Bessège correspond à celui de Romagny, de même que celui de Portes trouve son analogue dans l'affleurement d'Estuffont, sauf les proportions motivées par la différence d'intensité des soulèvements respectifs.

Le large lambeau occidental de la Grand-Combe et de Portes remonte au nord d'une manière suivie jusque sur les rampes du Luech, limite qui, comme tant d'autres, n'indique que l'état présent et nullement l'ordonnance originaire. En effet, davantage au nord, sur la route de Bessège à Vialas, divers boutons houillers sont placés à Tarabias, à Vern, et encore plus loin vers Bellepoële. Pour comprendre que ces parties ne sont que les résidus des érosions, on peut considérer d'abord qu'elles sont accompagnées de quelques pâtés triasiques, éparpillés comme elles et offrant par conséquent l'occasion de répéter ce qui a déjà été dit maintes fois, savoir, que: si l'on ne veut pas faire des uns des dépôts effectués dans des bassins circonscrits, il convient de raisonner de la même manière à l'égard de leurs voisins.

219. Cependant la simple physionomie des lieux est bien autrement expressive que ces modestes *témoins*, presque perdus au milieu d'un espace où tout porte l'empreinte d'une intense dégradation. Ce n'est pas sans un vif sentiment de curiosité que j'ai suivi, depuis leur source jusque dans la plaine, les lits de l'Homol, du Luech et du Gardon, etc., serpentant comme d'immenses boas, et embrassant entre leurs nombreuses sinuosités un long barrage rocheux. Cette allure me rappelait les discussions de nos pères au sujet des *vallées à angles saillants et rentrants alternatifs*, principaux appuis de leurs théories au sujet du creusement des vallées par le simple effet des

courants, constamment repoussés d'un obstacle à l'autre, et se frayant ainsi de tortueux encaissements. Depuis longtemps je cherchais dans mes voyages des types de nature à faire comprendre tout le développement dont ce genre d'action est susceptible, mais je n'avais guère trouvé, parmi les grandes vallées, que des eaux guidées par des plis, par des cassures de montagnes, et dont l'allure était subordonnée aux dislocations. Dans d'autres cas il y avait incertitude. Ici le torrent domine, il efface tout; et quels *creusés* n'a-t-il pas effectués en promenant ses chocs de côté et d'autre, au travers des schistes? Tarabias est sur la crête d'une berge élevée de 510^{m} au-dessus de la mer, tandis que le Luech coule à ses pieds à la hauteur d'environ 200^{m} seulement; il y a donc là une vallée de 300^{m} de profondeur, entaillée au travers des feuillets du terrain, vallée presque partout inhabitée au fond, parce qu'il n'y reste guère de place, ni pour la culture, ni pour l'emplacement d'une maison qui soit à l'abri des débordements. Eh bien, ces sortes de déblais se répètent pour ainsi dire à chaque pas, en prenant des dimensions proportionnées à l'ampleur du bassin de réception des eaux pluviales, dont le ruisseau ou la rivière reçoivent la subvention nécessaire pour leurs crues dévastatrices. Toutefois, en m'exprimant ainsi, je ne prétends pas exclure quelques causes premières ou concomitantes, telles que les agents atmosphériques, et plus particulièrement les courants diluviens, qui ont pu ébaucher le tracé de ces concavités; mais les résultats de leurs actions étant à peu près complètement oblitérés sous l'appareil torrentiel, il faut nécessairement accorder aux torrents une très large part dans l'insolite façon de cette contrée.

220. Pour appliquer actuellement ces données aux couches houillères, je dirai que les mines de Tabernoles, établies dans les nappes de la Grand-Combe, aboutissent à la mi-hauteur

d'une berge abrupte, en face des lambeaux de Tarabias ou de Vern, et le Luech coulant entre les parties respectives, il est impossible de ne pas admettre le fait d'une bissection effectuée, au moins en grande partie, par cette rivière.

A Vern on ne voit plus guère autre chose que le conglomérat inférieur du terrain houiller, caractérisé par ses grosses assises rubéfiées et chargées d'une grande quantité de débris de quarz ainsi que de micaschiste. Il y a donc ici, de plus qu'à Tabernoles, une ablation des parties supérieures de la formation, et elle se conçoit en tous cas facilement, si l'on veut avoir égard à l'exiguité en vertu de laquelle le fragment ne devait opposer que peu de résistance aux causes de dégradation. D'ailleurs il ne faut pas perdre de vue une remarque, faite par M. Callon, au sujet de la richesse en charbon du pays. Selon cet ingénieur, des portions notables ont été enlevées sur la bordure occidentale du terrain houiller, par exemple, à la Levade, où les érosions n'ont laissé subsister que les couches inférieures, tandis que vers l'est, le trias recouvre les parties supérieures. Celui-ci leur a par conséquent servi d'abri, et comme le bouton de Vern se trouve précisément vers l'est, on ne doit pas être surpris de le voir affecté de la même manière que le reste de la lisière dont il a dû faire partie.

A cette première indication s'en ajoute une autre, qui peut venir à l'appui des considérations déjà émises au sujet de l'amélioration des bancs houillers, jusqu'à une certaine distance des anciennes lisières (44,45). En géneral les épaisseurs du système augmentent à mesure qu'on s'avance du nord et de l'ouest vers l'est et le sud, de manière que les recherches futures devront être surtout dirigées d'après ce principe, si l'on tient à rencontrer les couches les plus nombreuses et en même temps les plus puissantes. En cela M. Callon n'a pas manqué de mettre en rapport la position des

assises avec le terrain ancien dont les détritus sont entrés dans leur constitution.

221. Les relations du lambeau de Pigère et Bessège se prêtent à des considérations d'un autre ordre. Il remonte au nord beaucoup plus loin que celui de la Grand-Combe, et il présente un étranglement très prononcé vers le sud. Ce n'est pas à dire pour cela qu'il soit moins important. Son état apparent ne tient qu'aux superpositions du trias et du terrain jurassique, et l'on peut s'en convaincre facilement du moment où l'on examine les résultats des érosions, car en tête des ravins du Granzon, affluent du Chassezac, aussi bien que de ceux de la Claisse, rivière qui se perd dans les cavités oxfordiennes, les dénudations permettent de voir les couches houillères à Pages, à Montgros et aux Saignes. La nature semble donc avoir pris à tâche de montrer au mineur ce qu'il doit faire s'il tient à s'écarter des parties torturées par les soulèvements. Elle a indiqué en même temps, mieux qu'on ne l'aurait pu faire avec des sondages ou des tranchées, tout ce qu'il y a d'indéterminé dans les limites de ce côté.

C'est plus particulièrement à l'extrémité méridionale des affleurements de Pigère et de Portes qu'il faut se porter pour bien juger de l'extension du terrain houiller. Non seulement un filet continu rattache la Grand-Combe à Bessège, mais encore les rigoles de l'Auzonet, ainsi que de quelques autres affluents de la Cèze, ont également mis à découvert au Mas-Neuf et à Saint-Jean-de-Valériscles, au milieu du trias, des portions assez étendues, qui sont la suite naturelle de celles qui viennent d'être indiquées entre Mazel et les Saignes. Les savants auteurs de la *Carte géologique de la France* ont d'ailleurs fait ressortir l'importance de l'affleurement de Saint-Jean-de-Valériscles, « puisqu'il fait connaître le point le plus « avancé du terrain houiller suivant la pente générale. La « régularité des couches, leur direction et le peu de déran-

« gement qu'elles ont subi, donnent à penser que ce serait « dans le sens de la vallée de l'Auzonnet qu'il est utile de « rechercher le prolongement du terrain houiller.

222. Cependant de la Grand-Combe à Alais, les corrosions des affluents du Gardon ainsi que les soulèvements ont encore fait émerger d'autres parties placées sur l'extension méridionale des nappes précédentes. A l'ouest un bouton isolé sur les schistes, en amont d'Olympie, n'est autre chose qu'un délaissé de l'affleurement prononcé qui se montre entre Soustelle et Clémentine. Les mines du Mas-Dieu, de Rochebelle et de Saint-Jean-du-Pin ne sont pas plus limitées que celles de la Grand-Combe, qui passent sous le trias à Abilon, à Luce, à Sans-Nom et à Mourier. Eh bien, entre ces extensions au sud et ces développements à l'est, où donc se plaira-t-on à arrêter le terrain houiller pour lui donner un encaissement? Pour ma part je résumerai ces longs détails de la manière la plus brève en disant : les expressions de *Bassins d'Alais, de la Grand-Combe, de Bessège*, n'ont aucun sens géologique. Etant mensongères par tous les bouts, les pages qui les contiennent doivent être arrachées des livres, à moins qu'on ne veuille en laisser quelques-unes à titre de souvenir d'une de ces vieilles superstitions, dont la science n'a pas été plus exempte que tant d'autres catégories de l'entendement humain.

RÉCAPITULATION ET CONCLUSION.

223. Avant de passer à une autre division orographique du pays, il ne sera pas superflu de récapituler les phénomènes présentés par la chaîne Cébenno-Vosgienne. Etant nombreux et variés, il se trouvera parmi eux quelques types qu'il importe de dégager, afin de les avoir sous la main au moment du besoin.

En première ligne il faut ranger les altitudes croissantes

du nord au sud, ou, si l'on préfère, depuis les grandes plaines des pays-bas germaniques aux pays-bas languedociens; la différence est de zéro à 1718^{m} (alt. du Crucinas). Cette circonstance est sans doute liée à la formation du bassin Méditerranéen, si hérissé, si profondément déchiqueté, contrairement à ce qui a lieu pour les plages maritimes de l'Allemagne. Elle est également en rapport avec les affleurements houillers, qui, sur la ligne en question, deviennent d'autant plus apparents qu'ils appartiennent à des exhaussements plus considérables. Sous ce point de vue on peut immédiatement mettre Alais en opposition avec Jægerthal.

224. Indépendamment de l'élévation graduelle, suivant son méridien, la chaîne Cébenno-Vosgienne en manifeste une autre dans le sens de ses latitudes. En général une pente douce part des plages océaniques pour aboutir à un abrupte tourné à l'est. Si donc il est vrai que les lambeaux houillers sont liés avec les parties les plus fortement soulevées, ils doivent se montrer sur ce dernier versant de préférence à l'autre. En effet, les traces houillères sont bien plus développées pour les Vosges, autour des bassins du Giesen et de la Liepvrette que dans celui de la Meurthe. Ronchamp n'a pas de correspondance visible avec Chaumont. Les gîtes sporadiques du cirque de Tarare se trouvent dans un enfoncement oriental. L'extension de la zone Stéphanoise vers Ternay et Chamagnieu est plus prolongée que celle qui doit avoir eu lieu vers la Loire. Jaujac est sans aboutissants du côté du Velay. Enfin on voit s'épanouir encore au pied rhodanien de la Lozère des nappes qui sont dissimulées du côté du Gévaudan. Les perturbations que l'on peut observer dans cette loi générale sont occasionnées par des accolements latéraux. Ainsi Jægerthal étant sur la latitude du Hundsruck, l'apparition intercalaire de Sarrebruck n'a rien qui doive émerveiller. Un effet de juxtaposition du même or-

dre, celui du Morvan avec la Côte-d'Or, a contribué aux émersions autunoises et nivernaises. Enfin le voisinage de la chaîne forézienne rend raison de la position de la Clayette.

225. Cependant à côté de ces indications générales viennent se placer celles qui résultent des subdivisions de la chaîne. Elle est composée de divers tronçons, ajustés bout à bout, de manière à laisser entr'eux des intervalles plus ou moins larges. En outre, la plupart des tronçons se redressent de telle sorte qu'ils présentent un cap abrupte au sud, et par conséquent une déclivité douce vers le nord. C'est ce que l'on a vu pour le massif du Champ-du-Feu, pour les Vosges entre Villé et les Ballons, pour la Côte-d'Or, pour la chaîne Beaujolaise, pour celle d'Izeron avec ses annexes Riverie et Pilat, et pour l'ensemble vivarais jusqu'à la Lozère. Eh bien, à chaque redressement correspond un affleurement houiller. Villé est à la base du Champ-du-Feu; Ronchamp se trouve appliqué contre le pied des Ballons; Blanzy, le Creusot, Autun et Epinac environnent le bout de la Côte-d'Or; l'Arbresle, Courzieux et Sainte-Foy-l'Argentière flanquent le Boucivre; Saint-Etienne et Rive-de-Gier sont contenus dans la dépression entre Riverie et le Pilat; Jaujac est redressé contre le Tanargue; enfin successivement Pigère et Grand-Combe s'étalent sur les rampes de la Lozère.

226. Les conditions spéciales de la position sont d'ailleurs souvent réglées par l'orientation des massifs. Ainsi le transversal Boucivre a rangé les parties houillères de l'Arbresle, de Courzieux et de Sainte-Foy-l'Argentière au bas de son bout oriental, et il en est de même pour Pigère et Grand-Combe par rapport à la Lozère. Il s'ensuit naturellement que les arrangements doivent se modifier quand plusieurs axes montagneux viennent se placer dans un espace déterminé. On peut citer à cet égard Jaujac et St-Etienne, qui sont serrés chacun entre deux chaînes parallèles. Dans un rang plus complexe vien-

nent les gîtes du cirque de Tarare et ceux qui embrassent le Morvan ainsi que la coupole d'Uchon.

227. Les tronçons montagneux étant espacés, il arrive que les dépressions intermédiaires outre-passent les chaînes sous la forme de cluses. Celles-ci sont assez nombreuses, et sur la plupart d'entr'elles on peut suivre le terrain houiller d'un versant à l'autre. Des plaines de l'Alsace on passe dans la Lorraine par Villé ; de Chalon on arrive dans le Bourbonnais par la ligne du canal du Centre ; enfin de Givors à la Fouillouse on ne pert point de vue les exploitations. Ces dispositions transversales, combinées avec divers autres détails, permettent d'assimiler les gîtes houillers en question à des lacets, par lesquels les nappes de l'un et l'autre versant se trouveraient raccordées entr'elles; ils indiquent la position d'anciens canaux maritimes passant entre des îles. Tout porte d'ailleurs à généraliser le principe de manière à supposer qu'au pied méridional des Ballons un de ces lacets rattache le Bassigni à la Franche-Comté. La vallée du canal de Bourgogne correspond peut-être à une ligne houillère passant du Dijonnais dans l'Auxois. Epinac se montre sur un point de raccordement entre la Bourgogne et l'Autunois. Il est de même possible que le Lyonnais ait été relié au Forez par Sainte-Foy-l'Argentière et par Meys dans la vallée de la Brevenne. Enfin le Bas-Vivarais a très probablement communiqué avec le Gévaudan par un bras qui s'étendait de Villefort à Mende. Au surplus ces passes sont assujetties à deux directions principales, savoir : de l'est à l'ouest environ pour celles de Villé, de Ronchamp, ainsi que de Mende, et du NE au SO pour le canal de Bourgogne, pour celui du Centre et pour celui Givors. Cette dernière orientation éprouve une légère déviation à l'égard de la vallée de la Brevenne, sans doute à cause de la singulière structure de cette partie.

228. Je placerai ici une observation importante de M. Gru-

ner, au sujet des couches du grès de Saint-Étienne et Rive-de-Gier; elles semblent constituées, au moins pour la majeure partie, de manière à s'amincir généralement de l'est à l'ouest, en même temps que la dimension des galets va en diminuant. J'en tire la conclusion que des courants dirigés dans ce sens les auront formées en perdant successivement de leur vitesse d'impulsion, et par conséquent en s'appauvrissant de plus en plus en matières sédimentaires. A son tour ce régime conduit à supposer l'existence d'un débouché vers la Loire, et par conséquent à admettre une étendue illimitée dans ce sens. On a vu (199) jusqu'à quel point cet aperçu est fondé d'après les données les plus récentes. Eh bien! des courants de cette nature ayant probablement existé dans les autres bras, tels que celui de Saône-et-Loire, etc., on entrevoit immédiatement l'avantage qui pourrait résulter de leur connaissance pour la conduite des recherches ainsi que des exploitations à établir sur les embranchements de ce genre. En tous cas il sera curieux de pouvoir suivre un jour la trace des courants marins de l'époque houillère, de même que l'on suit actuellement ceux de nos mers océaniques et méditerranéennes. L'intérêt scientifique attaché à ces recherches sera encore accru par la différence qui se manifeste entre la faible vitesse des uns et l'impétuosité des autres. En ne perdant pas de vue le volume des galets anciens, on comprendra l'existence d'un régime bien différent du calme de nos jours (50).

229. Le surhaussement des divers tronçons a été accompagné d'écrasements transversaux, dont l'influence s'est manifestée d'une manière très variée à l'égard des terrains houillers. On trouve même tous les passages possibles entre les couches simplement repliées de Saint-Etienne, les renversements du Creusot et les pincements verticaux de Sincey ainsi que de Sainte-Paule. Les fractures qui en sont résultées facilitèrent

les dégradations, dont les indices sautent partout aux yeux. Cependant les effets de la contraction du sol ont été, jusqu'à un certain point, conservateurs dans les cas extrêmes, quand ils ont serré quelques lambeaux entre des parois assez résistantes pour échapper elles-mêmes aux démolitions du temps. Sincey et Sainte-Paule sont spécialement dans ces conditions, et, grâces à cette précaution de la nature, il reste des jalons, à l'aide desquels le géologue peut s'orienter dans le dédale de l'ancienne mer houillère.

230. Les mineurs devront apporter une très sévère attention aux petits mouvements de l'écorce du globe qui survenaient entre les grandes secousses auxquelles sont dues les formes des chaînes et les grands contournements des couches houillères. Les premiers, presque continus et graduels, ont sans doute joué un rôle important dans la diversité des masses d'un même ensemble ainsi que dans les superpositions transgressives et rétrogressives de certaines couches, qui d'ailleurs se déposaient sans aucun temps d'arrêt intermédiaire. A ce titre, ces déplacements lents ont fait l'objet des études de MM. Dumont et Houzeau pour la Belgique. De mon côté, j'avais depuis longtemps compris la nécessité de les admettre pour expliquer quelques-uns des divers arrangements de nos terrains du bassin du Rhône (13). Ils me paraissent de nature à se prêter à des applications spéciales pour les terrains houillers, envisagés non seulement quant à leurs relations avec les formations inférieures et supérieures, mais encore pour eux-mêmes. En effet ces oscillations ont pu déprimer certaines parties, pendant que d'autres s'exhaussaient; de là des profondeurs inégales et par suite des développements plus ou moins irréguliers de la matière charbonneuse. Les environs de Lyon, de Roderen, de Ronchamp, présentent entre autres des types à étudier sous ce point de vue. Sans doute il n'est pas encore permis

de prévoir ce qui pourra en résulter pour la pratique, mais la théorie doit la devancer, et elle aura sans doute à tenir compte des différences qui peuvent exister à cet égard entre les divers pays plus ou moins assujettis aux influences de ces balancements du sol.

231. Une bien faible contention d'esprit fera maintenant comprendre que la théorie lacustre est complètement insuffisante pour expliquer les rapports des positions charbonneuses et des soulèvements principaux de la chaîne. Il a fallu toute l'intensité de ceux-ci pour amener au jour des couches si profondément cachées sous les amas secondaires et tertiaires; les parties rendues visibles, celles auxquelles on avait jusqu'à ce jour donné le nom si impropre de *bassins houillers*, sont de véritables *affleurements*, produits par des forces agissant principalement de bas en haut.

Cette vérité, je dois le dire, ne pouvait être mise dans tout son jour que par le secours de la géographie physique, puisqu'elle s'occupe des formes du sol. Combinée avec la stratigraphie, elle permet de saisir les liens qui rattachent les positions des couches avec certains accidents orographiques. C'est pourquoi j'ai coutume de donner dans mes leçons une très large part à cette branche, qui, à mon avis, constitue la majeure partie du savoir géologique. En montrant de suite le point qu'il faut attaquer pour ne pas perdre son temps à d'inutiles trajets, elle épargne autant que possible les fatigues du corps et de l'intelligence. Ajoutons qu'elle récrée l'esprit en semant la variété au milieu des pénibles pérégrinations montagnardes. Je le demande à mes confrères: sans le stimulant des détails de la géographie physique, n'auraient-ils pas maintes fois senti faiblir leur ardeur pendant les journées qu'ils ont dû employer à la traversée des masses granitiques, des éternelles nappes du très vénérable mais très monotone micaschiste, des grands plateaux keupériens,

oxfordiens, néocomiens et des uniformes concavités diluviennes?

Un genre de lassitude analogue a inévitablement dû réagir sur tous ceux qui se sont spécialement livrés à des études détaillées au sujet des couches houillères. La minutie de leurs recherches est suffisamment justifiée par une incontestable utilité pour l'art des mines, et l'assurance d'avoir coopéré aux progrès de l'industrie minérale doit être la récompense de pareils travaux. Mais la géologie est placée entre deux infinis, l'un moléculaire, l'autre planétaire, entre le microscope et le télescope. Quand les intermédiaires sont hors de la portée de la vue, il faut de toute nécessité recourir à des instruments d'un autre genre. Ici viennent les caractères d'association, sur lesquels on a suffisamment insisté, et ceux de position qui sont donnés par la géographie physique. L'avenir apprendra si le secours de cette dernière a été aussi avantageux aux travailleurs que la stratigraphie pure. Provisoirement je soutiendrai, autant que possible, mes idées en persévérant dans la marche suivie jusqu'à présent.

Suite des corrélations des gîtes houillers de l'Est.

232. En face de la ligne cébenno-vosgienne, s'élève une autre file de hauteurs formant sur une grande longueur l'encadrement oriental de la France. Elle se compose du N au S de la Forêt-Noire, du Jura, des Alpes, des montagnes de l'Esterel et des Maures, masses douées chacune d'une spécialité qui se dessinera successivement. Considérons d'abord en gros les parties respectives au point de vue houiller.

Sur cette ligne on peut distinguer trois groupes, composés de roches cristallines anciennes, et qui sont : la Forêt-Noire, les Alpes et l'Esterel; les espaces intermédiaires ont été comblés par des dépôts secondaires et tertiaires, qui représentent autant de bras d'anciennes mers, communiquant avec celles

qui occupaient les bassins du Rhin, du Rhône et du Danube.

L'un d'eux était établi au nord, entre les extrémités de la Forêt-Noire et de l'Odenwald, de manière que, entre Heidelberg et Baden, les eaux de la Lorraine et de l'Alsace, après s'être mises en communication avec celles de la Hesse et du Wurtemberg, contournaient à l'ouest l'îlot primordial, pour revenir au sud jusqu'à Waldshut.

Le second bras, débouchant entre la pointe sud de la Forêt-Noire et l'angle nord des Alpes, entre Kandern et Martigny, puis légèrement étranglé entre Waldshut et les rampes du Saint-Gothard, gagnait la Suisse et l'Allemagne. Fracturés et culbutés dans divers sens, les dépòts secondaires et tertiaires de cette branche ont donné naissance aux montagnes du Jura et à leurs dépendances. Les accidents de cette contrée, la nature variée, les allures grandioses des vallées de l'Aar, de la Reuss et des autres affluents du Rhin, les beaux lacs de Genève, de Neuchâtel, de Thun, de Lucerne, de Zurich, de Wallenstadt et de Constance, peuvent appeler ici le touriste et le géologue; mais jusqu'à présent le mineur charbonnier n'a pas pu y faire travailler son pic; les études stratigraphiques n'ont pas même été dirigées de manière à lui préparer de l'ouvrage; nous n'aurons donc qu'un petit nombre d'aperçus à émettre au sujet de cette partie.

Enfin le dernier bras, à peu près également large, s'échappait entre Tende et Antibes, pour se perdre dans les espaces méditerranéens; il séparait les Alpes maritimes d'avec les masses cristallines des Maures et de l'Esterel.

233. En tenant actuellement compte des diverses ramifications déjà indiquées, on peut dire qu'avant les fermetures établies par les plus récentes des révolutions du globe, l'espace maritime, occupé de notre temps par le bassin du Rhône et par la partie contiguë du Rhin, était illimité dans tous les sens. Au

midi, deux bouches, dont la plus large existe encore en partie, lui ouvraient le passage vers les rives de Nice et du golfe du Lion ; à l'ouest, les bras de l'Aude et Garonne, de Mende, de Saint-Étienne, du canal du Centre, la vaste ouverture comprise entre les montagnes Autunoises et les Ballons, enfin le canal de Villé, établissaient ses communications avec les régions atlantiques. Au nord, le champ maritime était non moins libre qu'au sud, et à l'est les deux échancrures badoise et suisse permettaient à ses courants de filer entre les îles allemaniques. Les résultats de cet établissement des eaux étant déjà connus pour ce qui concerne les dépôts houillers de la chaîne cébenno-vosgienne, il reste à signaler les corrélations avec ceux des montagnes placées à l'opposite.

AFFLEUREMENT BADOIS.

234. La Forêt-Noire est une contre-épreuve légèrement variée des Vosges. De côté et d'autre on voit les mêmes granits, traversés par les mêmes syénites et par les mêmes porphyres. L'ossature étant donc identique, le montagnard, si bon juge en fait de formes orographiques, peut retrouver ici un Belchen (Ballon), caractérisé par le contour parabolique de son sommet, des cols généralement peu profonds, des plateaux (chaumes) battus et dénudés par la violence des vents d'O et du SO, des lacs haut placés, une terminaison brusque au sud, des latitudes égales ainsi que des altitudes extrêmes d'environ 1000^{m}, peu différentes entre elles.

Cependant une exception capitale se manifeste dans le sens du pendage des deux versants principaux. Pour les Vosges, la pente douce descend vers l'ouest, et celle de la Forêt-Noire étant tournée à l'est, il s'ensuit naturellement que les abruptes respectifs sont placés l'un en regard de l'autre. Cette dernière circonstance a fait naître des théories ingénieuses et trop connues pour devoir nous arrêter; il

suffit de faire remarquer que la disposition des traits généraux a déterminé une certaine symétrie dans l'arrangement du manteau sédimentaire. Les couches des grès vosgiens et triasiques, des calcaires jurassiques, etc., etc., remontent fort haut sur les pentes douces, de manière à déborder le terrain houiller, qui n'est effectivement signalé nulle part sur le flanc oriental de la Forêt-Noire, et qui, pour les Vosges, est en évidence sur le revers occidental près des sources de la Meurthe, uniquement à cause de la profonde coupure de la chaîne au pied du Champ-du-Feu (173).

235. Les terrains de transition sont également assujettis à une certaine corrélation qu'il est facile de mettre en évidence. En effet, les plus hautes cîmes de la Forêt-Noire, le Feldberg (alt. 1510^{m}), le Belchen (alt. 1428), le Erzkasten (alt. 1295^{m}), sont placées sur la même latitude que les Ballons, et les formations anciennes qui environnent ceux-ci se retrouvent autour des autres. D'après MM. Merian et G. de Léonhard, le premier lambeau gît au nord de Bâle et au pied de la chaîne, entre Kandern et Schopfsheim. Trois autres nappes s'alignent de l'est à l'ouest, la première étant placée près de Badenweiler, d'Oberweiler et de Schweighof, la seconde entre Schœnau, Bernau et Præg, et la troisième à Oberlenzkirch et à Kappel, dans le bassin presque danubien de la Wutach.

Les roches consistent en grauwackes et en schistes souvent fortement endurcis, feldspathisés, passant aux mélaphyres et aux prasophyres, à des brèches porphyriques, et aussi à des diorites ou amphibolites schisteuses. Le point le plus intéressant est celui de Badenweiler, d'abord parce que la grauwake à grains fins a fourni à Oberweiler quelques exemplaires du *cyathocrinites pinnatus* Gold. avec d'autres fossiles indéterminables. On peut aussi rassembler dans ces localités des empreintes végétales qui ont été reconnues voisines du *filicites ormandæformis* Schlot., du *casuarinites equisetiformis*

Schlot., et du *fucoides flexilis* Brong. Enfin l'anthracite a été l'objet de quelques tentatives d'exploitation sur divers points.

Davantage au nord, un lambeau moins important gît près de Lahr et du Hohen-Geroldseck sur le parallèle du Champ-du-Feu, et il serait intéressant de l'étudier attentivement, parce qu'il se trouve à proximité de roches spilitiques rousses, dont les bullosités sont étirées absolument comme si elles avaient coulé à l'instar des laves. Ce gisement est d'ailleurs suivi de près par d'autres parcelles établies dans la vallée du Lierbach près d'Oppenau, puis entre Zunsweier, Berghaupten et Niederschopfsheim près d'Offenburg. Ici l'on trouve des conglomérats, des grès, des schistes, accompagnés d'anthracite et surtout de belles empreintes, parmi lesquelles M. Ad. Brongniard a reconnu plusieurs espèces de *lepidodendrons*, *calamites Voltzii*, *sigillaria Voltzii*, *sig. tesselata*, *sphenopteris dissecata* et *cyclopteris flabellata*. C'est ce gisement qui porta M. Elie de Beaumont à admettre l'existence d'un ancien lac, s'étendant de Thann à Zunsweier (72); on comprend les modifications que cette première idée a dû subir par suite des découvertes subséquentes.

236. Enfin le véritable terrain houiller annoncé par les formations précédentes, se développe sur une assez grande longueur aux environs de Baden; il passe près de Neuweier, Barnhalt, Gallenbach et Umwege, en laissant quelques lambeaux à côté de Malsbach, ainsi que dans les parties supérieures de la vallée du Muhlenbach. Les schistes houillers de Baden contiennent quelques empreintes végétales, le plus souvent méconnaissables ; on distingue cependant des *calamites*, et M. Kettner a découvert des restes de poissons parmi les déblais d'une fouille faite dans la vallée du Geroldsau. Cette rencontre permet de supposer que l'on est ici dans un étage supérieur, analogue à celui des bords de la Glane et de Villé, et l'on s'expliquerait ainsi l'insuccès des recherches

entreprises à diverses époques. Cependant une certaine similitude des grès et des conglomérats de ces localités avec ceux des lambeaux anthraxifères des autres parties du pays portèrent quelques géologues à supposer que l'ensemble appartient à un même étage. Des doutes furent d'abord émis à cet égard par M. Selb, et MM. Voltz et Hausmann se déclarèrent d'une manière formelle contre ce rapprochement. En effet, abstraction faite des données paléontologiques, on avait à remarquer que les assises de Baden sont passablement horizontales, tandis que les couches anthraxifères sont fortement redressées sous des angles de 75 et 80°, de manière à se montrer souvent comme si elles étaient pincées entre les granits et les gneuss.

Les affleurements houillers de Baden sont environnés par les grès vosgiens et triasiques; ils sont également serrés de près par les alluvions anciennes et modernes du pays. En vertu de leur position en regard de ceux des Vosges, on doit les regarder comme appartenant à une des lisières de la grande nappe qui passe sous les plaines rhénanes; c'est la conséquence du principe géologique annoncé comme devant être notre principal appui (161). Il est d'ailleurs superflu d'insister sur le fait du gisement de ces lambeaux contre le versant abrupte de la chaîne, et par conséquent du côté soulevé (232). Cependant je dois à cette occasion faire ressortir quelques rapprochements, qui sont non seulement curieux, mais encore de nature à ajouter de nouveaux traits à ceux qui ont déjà été indiqués quand il a été question de l'affleurement du Jægerthal et de ceux de Saône-et-Loire (172, 179).

237. On remarquera d'abord que la falaise S 21° O - N 21° E de la Forêt-Noire, prolongée au nord, aboutit aux nappes volcaniques du Hanau et de Crainfeld, vers laquelle se dirigent également les grandes nappes SO - NE de Sarrebruck. Dans le sens opposé à ce point de convergence, on rencontre suc-

cessivement les basaltes de Darmstadt, puis Baden avec ses sources minérales ainsi que ses apparitions houillères; viennent ensuite les masses basaltiques et trachytiques ou phonolitiques de Mahlberg et du Kaisersthul, au SO desquelles surgissent les eaux minérales de Badenweiler.

Une autre ligne, menée de l'extrémité occidentale du lac de Constance, passe par les buttes phonolitiques de Hohentwiel, Blumenfeld, Engen, Geisingen, traverse Baden, puis les métamorphismes agatiques d'Anweiler ainsi que ceux des bords de la Glane, et aboutit au NNO sur le centre volcanique de l'Eiffel, placé entre le Hundsruck et l'Ardenne. Ainsi donc, contrairement à ce qu'on devait attendre de son gracieux et riant paysage, Baden se trouve au point d'intersection de deux lignes caractérisées par leurs bouches ignivomes, et cette coïncidence ne sera sans doute plus considérée comme étant purement fortuite du moment où elle sera rapprochée de celles qui viennent d'être rappelées pour l'axe cébenno-vosgien.

238. Il ne faut pourtant pas s'exagérer ces résultats au point d'éliminer complètement l'influence des déjections plus anciennes. Dans la seconde partie de mon *Mémoire sur la Géologie des Alpes*, (*Annales de la Société d'Agriculture de Lyon*, t. IV, 1841), à l'article *Porphyre agatifère*, p. 551, j'ai déjà eu occasion de mentionner pour la vallée de Gunzenbach près de Baden, indépendamment des grès vosgiens ou triasiques, l'existence d'un porphyre quarzifère, au milieu duquel est encaissée une roche amygdaloïde, que sa stratification, sa blancheur et son état de profonde désagrégation ne peuvent laisser passer inaperçue. Il est facile de la mettre en rapport avec le mandelstein du Galgenberg près d'Idar, dans le bassin de la Nahe. En effet, ici la kaolinisation est pareillement intense, et si ce n'était cet état de pourriture, il ne serait pas possible d'exploiter les agates qui alimen-

tent les usines d'Oberstein. D'un autre côté le Galgenberg est stratifié et environné ou traversé par les porphyres purs ou endomorphiques, de même que la masse de Gunzenbach. Mais ces porphyres résistent aux actions dissolvantes de l'atmosphère, au point que leur cohésion, leur couleur rouge ou brune contrastent d'une manière tranchée avec la blancheur et les rouillures pâles ou blafardes des parties devenues incohérentes. Eh bien, des différences tellement prononcées suffisent pour faire comprendre qu'il y a de part et d'autre des roches étrangères au véritable système plutonique par lequel elles sont enlacées, et elles ne peuvent être rapportées qu'au terrain charbonneux, puisque les autres grès plus récents des deux stations sont parfaitement indépendants de ces corrélations. Ceci posé, je complèterai mes détails au sujet du métamorphisme de l'époque houillère (93,91), en ajoutant qu'au moment de la réaction ignée, les lambeaux houillers n'ont pas tous été attaqués au même degré par le fondant porphyrique. Les menus débris ont pu être fondus et dissous par lui; mais les grosses écailles résistèrent en vertu de leur masse, et ayant été simplement ramollies par un commencement de fusion, elles ont laissé leur excès de silice se sécréter de manière à constituer ces géodes ainsi que ces veinules calcédonieuses dont on prend plaisir à suivre pas à pas le remarquable développement dans l'une et l'autre localité. Au surplus, on voit que si un grand axe volcanique a traversé Baden, Anweiler et Oberstein, des actions plutoniques bien plus anciennes et d'une grandeur proportionnée à la haute température interne des époques paléozoïques avaient déjà travaillé le même sol. Il n'était donc pas sans intérêt de signaler sous une forme nouvelle cette partie faible de la croûte terrestre, pour la réunir à celles dont les déviations de certaines lignes de dislocations avaient déjà révélé l'existence.

AFFLEUREMENTS ALPINS.

239. Les Alpes, prises dans leur ensemble, forment autour de l'Italie un vaste bourrelet, qui, partant de l'Autriche, tire d'abord à l'OSO jusqu'à l'entrée du Valais. La direction s'infléchissant ensuite vers le SSO, arrive aux environs de Grenoble, pour éprouver une autre déviation vers le SE, et son terme est à la Méditerranée au-delà de Tende. Ici les Alpes s'abaissent et les Apennins s'élèvent près des sources du Tanaro et de la Piève. Du moins le plus grand des généraux signala l'échancrure dans laquelle ces rivières prennent naissance comme établissant la limite des deux chaînes, lorsqu'au début de sa carrière il sut *tourner les Alpes*, *ne pouvant les franchir,* et conduire son armée au travers des plaines de l'Italie, en semant sur sa route d'impérissables souvenirs.

Le rempart alpin n'est pas simple: les grandes explorations de MM. Elie de Beaumont et de Sismonda ont surtout contribué à faire ressortir deux courbes principales et concentriques, composées de saillies cristallines, détachées les unes des autres, et que l'on peut suivre depuis le Saint-Gothard jusqu'à la mer. En dehors de cette double ligne, viennent d'autres circonvallations, en majeure partie formées de roches jurassiques, néocomiennes et tertiaires; elles sont représentées par le Jura et par les montagnes subalpines du Haut-Dauphiné et de la Provence. Ces roches comblent d'ailleurs les intervalles compris entre les deux bourrelets primordiaux, de manière qu'il est facile d'en conclure que les courants des mers secondaires et tertiaires pouvaient circuler parmi les passes diverses de ces îles, disposées en forme de cyclades incomplètes.

Il est difficile de concilier ces allures curvilignes avec la marche ordinaire des soulèvements. M. Elie de Beaumont

a donc été conduit à admettre trois axes, suivant lesquels les exhaussements les plus récents ont eu lieu. Le premier, orienté de l'ENE à l'OSO, constitue son système du Valais; le second, dirigé du NNE au SSO, est le type du système des Alpes occidentales; enfin le troisième, allant du NO au SE, forme le système du Mont-Viso. De l'intersection de ces trois lignes sur deux points donnés, résultent deux encoignures, représentées, l'une par le nœud du Mont-Blanc, cîme dominatrice de l'Europe (alt. 4810^{m}), et l'autre par la vaste croupe du Pelvoux, géant des montagnes françaises (alt. 4105^{m}). Toutes les anfractuosités alpines, tous les redressements des couches secondaires ou tertiaires, les interminables précipices, les aiguilles décharnées, les pics neigeux, les larges dos avec leurs champs de glaces éternelles, en un mot tous les reliefs de cette rude sculpture, sont subordonnés à l'une ou à l'autre de ces trois directions. Cependant les nécessités de notre tâche se réduiront pour le moment à envisager la seule zone des Alpes occidentales, parce que les assises houillères y prennent une place distincte. Les couches supérieures de ces cyclopéennes constructions seront reprises dans l'appendice qui leur est destiné plus spécialement, et avant d'entrer en matière je placerai ici un court aperçu au sujet des terrains sédimentaires plus anciens, dont j'admets actuellement l'existence dans ces montagnes.

240. Les roches en question m'ont préoccupé depuis longtemps, les croyant, comme d'autres géologues, d'une nature exceptionnelle, à cause de quelques menus caractères non signalés ailleurs, et surtout à cause de l'extension des principes du métamorphisme; il était difficile de ne pas s'égarer, du moment où l'on partait de l'idée que de grandes plages alpines sont modifiées jusque dans leurs parties jurassiques. L'observation attentive des faits m'a peu à peu ramené dans une meilleure voie, et finalement j'ai compris que pour

réussir, il convenait de combiner l'étude des masses de ces montagnes avec celle des dépôts analogues distribués dans d'autres chaînes. En opérant de cette manière, je suis arrivé à conclure que le terrain jurassique n'est que faiblement métamorphisé, que les couches anciennes sont ici, à peu de chose près, ce qu'elles sont partout ailleurs, et ceci posé, voici dans quel ordre je range ces diverses parties, en partant des plus anciennes.

Micaschistes et gneuss. — Les micaschistes se montrent presque constamment autour des massifs granitiques. La zone la plus développée et la plus normale, est celle que l'on trouve sur le versant piémontais aux îles Borromées et à Traverselle. Dans les autres parties de la chaîne, ces schistes étant fortement saturés de feldspath, passent à l'état de gneuss à grain fin ou grossier. Je range dans cette dernière catégorie les gros granits veinés du sauvage défilé que traverse le Dovedro, à la descente du Simplon, entre Gunz et Iselle. Ces roches reparaissent sur le même versant dans la vallée de la Quarazza, entre Macugnaga et le Pas-de-Turlo; et je suis porté à croire que leur ensemble forme une longue bande, qui s'étend parallèlement à la chaîne des Alpes occidentales depuis le Mont-Rose jusqu'auprès du Saint-Gothard, où elle s'infléchit vers l'est, car Saussure décrit des roches du même genre, comprises entre Cresciano et Chigionia, dans la vallée du Tessin.

A titre de gisement de micaschistes moins largement feldspathisés, je citerai ceux qui se montrent sur le revers occidental du Simplon près de Bérixal. Une bande plus suivie est celle qui s'étend le long de l'axe du Mont-Blanc, depuis les Aiguilles-Rouges jusque sous la Dent-du-Midi vers Evionnaz, où elle constitue les *roches moutonnées* de Saussure.

Micaschistes nacrés. — Ces roches apparaissent habituellement à la suite des micaschistes et des gneuss, dont elles

semblent dériver par une suite de dégradations insensibles. Tel est du moins le rang que je suis porté à leur assigner d'après mes observations faites autour du Pilat et de la Lozère. On les distingue facilement à leur mica en très petites lamelles peu ou point colorées. Outre cela, elles tendent à se surcharger de grenats, de disthène, de staurotide, dont les plus beaux échantillons viennent du Saint-Gothard. Au surplus ce groupe est sujet à manquer, bien qu'il affecte un développement très remarquable sur d'autres points, et il est probable que l'intensité du métamorphisme est la principale cause de cette différence.

241. *Schistes chloriteux et amphiboliques.* — Les schistes chloriteux des Alpes ne diffèrent pas sensiblement de ceux des montagnes lyonnaises, et je ne puis comprendre le motif qui a porté à leur donner des noms spéciaux, tels que ceux de *schistes talqueux,* d'*arkésines* et de *roches pennines.* Ces roches sont intimément liées aux masses précédentes, dont leur couleur verte les fait successivement distinguer. Ainsi, en partant d'Evionnaz pour se diriger vers Martigny, on passe des gneuss très felspathiques à ces schistes chloriteux. Il en est de même à Cogne dans la vallée d'Aoste, et à la montée de Bérixal vers la première galerie de la route du Simplon. Souvent ces schistes chloriteux se chargent d'amphibole, soit largement développé, soit en très fines aiguilles, et cette tendance se fait remarquer non seulement au Simplon, mais encore aux Chalanches, ainsi que sur divers points de la vallée d'Aoste. Ces schistes verts sont d'ailleurs souvent feldspathisés à la manière de certains gneuss, et cet état domine surtout à la base de la formation, là où elle passe aux roches micacées inférieures.

Ces roches sont le résultat du métamorphisme de schistes argileux qui, ayant été déposés après les masses dont proviennent les micaschistes, et qui, paraissant complètement dé-

pourvus de fossiles, doivent être considérés comme appartenant pareillement à l'ensemble des terrains azoïques. Rien n'empêche même d'admettre que les schistes chloriteux sont le produit d'une grande sédimentation ferrugineuse qui succéda aux dépôts plus franchement alumineux de la période micaschisteuse. En tous cas leur état métamorphique est démontré par les restes d'ardoises simplement lustrées, quelquefois cuites en pétrosilex verts, analogues à ceux des environs de la cascade de Pissevache en Valais, et que l'on y retrouve en divers points.

Si d'ailleurs on prend en considération l'ensemble des positions affectées par ces roches, on arrive à croire que leur nappe, partant du pied des montagnes de la France orientale, dans le Lyonnais, s'étend vers l'est jusque dans le Tyrol. Ce qui tend à démontrer cette extension, c'est leur réapparition auprès de tous les points fortement soulevés de cet espace. Tels sont d'abord les vallées de la Brévenne, de la Turdine et de l'Azergues, puis le grand axe alpin depuis le Mont-Blanc jusqu'au Pelvoux. Les deux revers de cette ligne sont longés par le système en question qui, du côté oriental surtout, acquiert une énorme puissance depuis la vallée d'Aoste jusqu'à celle de la Doire-Ripuaire. Un arrangement analogue se laisse observer de part et d'autre de l'axe des Alpes orientales, dans le Valais et dans la vallée de Conches, comme du côté opposé, dans les vallées de l'Evanson, de l'Esa et de la Sesia. Enfin Klausen, en Tyrol, m'a montré ces mêmes roches dans les parties supérieures de l'Adige, et l'on sait que la périkline est le feldspath qui les surcharge dans les localités voisines de Pfitsch, ainsi que du Grainer.

Sans doute sur cet espace, la formation chloriteuse varie en puissance comme aussi sous le point de vue de l'amplitude du métamorphisme par lequel elle a été affectée de diverses ma-

nières, et à ces circonstances il faut ajouter la complication qui résulte de la présence des calcaires cristallins. Dans le Lyonnais, ceux-ci se manifestent sur quelques parties de la vallée de l'Azergues, voisines de la chaîne Beaujolaise, où ils forment de nombreuses veinules au milieu des ardoises, et peut-être parviendra-t-on à raccorder quelques-uns de nos marbres colorés avec le même système. Des calcaires se montrent encore dans le Tyrol, où ils sont associés à des dolomies fort différentes, géologiquement et minéralogiquement parlant, des dolomies triasiques et jurassiques. Enfin, autour des massifs alpins, des calcaires, parfois accompagnés de dolomies, forment d'épaisses nappes dont la position sera discutée ultérieurement.

242. La vallée d'Aoste, y compris sa périphérie montagneuse, donne une idée assez complète de la structure de l'ensemble chloriteux, et l'on voit qu'il peut être subdivisé en plusieurs étages dont les relations avec les roches, tant inférieures que supérieures, étant d'une certaine importance à mon point de vue, doivent être exposées avec quelque détail.

Malgré son élévation, le Mont-Blanc ne doit pas être considéré comme étant composé des roches que les soulèvements ont pu faire émerger du sein des plus grandes profondeurs. La chaîne des Aiguilles-Rouges, placée à l'ouest, et qui est formée de masses plus décidément micacées, répond mieux à l'idée que l'on doit se faire des parties antérieurement solidifiées de l'écorce terrestre. Dans la montée du Buet par Valorcine, on peut voir, de la manière la plus nette, ces gneuss chargés de gros ganglions de schistes micacés auxquels s'ajoutent cependant déjà les éléments chloriteux verts, précurseurs du système subséquent.

Les pétrissages pierreux du Mont-Blanc, si souvent confondus avec les protogines, sont au contraire surchargés de ces parties vertes, tantôt sous la forme de chlorite, tantôt sous

celle d'amphibole, et dans tous les cas l'irrégularité de l'imbibition feldspatique annonce un métamorphisme moins parfait que le précédent. Il en est résulté des roches très variées dont on trouve l'énumération dans les écrits de Saussure ; toutefois, on peut mentionner les schistes chloriteux feldspathiques des Grands-Mulets, puis les magnifiques diorites veinés, les cornes vertes entremêlées de schistes micacés et d'infiltrations quartzeuses qui dominent sur le versant italien, au Mont-Broglia près des glaciers du Miage, de la Brenva, ainsi que du col de Ferret. Tous ces feuillets du revers oriental se relèvent vers l'ouest. On peut encore étudier cet étage chloriteux inférieur dans la vallée de la Dranse près de Bovernier. Ici les schistes à lamelles vertes sont pareillement liés à des amphibolites schisteuses, et quelquefois à des pétrosilex schisteux ; une abondante saturation en feldspath est décélée non seulement par la quantité des petits cristaux blancs, clivables, de cette substance, mais encore par les nœuds du même minéral qui atteignent jusqu'à $0^{m},04$ de diamètre ; enfin, le tout est traversé par des filons quartzeux et granitoïdes confus. Delà un exomorphisme très inégal et variable en raison du nombre et de la puissance des veines injectées. Celles-ci sont à leur tour endomorphisées, tantôt en pâtes euritiques, tantôt en masses porphyroïdes grises ou verdâtres et dont les cristaux de quartz et de feldspath sont bien développés ; enfin elles reviennent par gradations insensibles à l'état granitique ou prétendu protogineux.

En somme, le système du schiste chloriteux paraît subdivisible en trois étages.

L'étage inférieur est ordinairement chargé de petits cristaux feldspatiques qui donnent à l'ensemble une forte cohésion. D'ailleurs cette partie très épaisse se laisse facilement observer depuis l'entrée de la vallée d'Aoste jusqu'au Mont-Jovet ;

elle forme, entre autres, les parois de la profonde incision dans laquelle la Doire disparaît pour ainsi dire aux regards.

Plus haut, l'on rencontre un paquet de schistes généralement exfoliables et très souvent grenatifères. C'est celui dont on suit les tranches en s'élevant des bords de la Doire aux mines de Saint-Marcel et de Fénis.

Enfin le tout est couronné par de nouvelles assises de schistes durs, feldspathisés et peu différents de ceux qui forment le fond de la vallée d'Aoste vers Donnaz et Bard. La cohésion, propre à ces roches, leur permet de dessiner, vers les crêtes montagneuses, des précipices d'une certaine hauteur, profondément crevassés, et dont la disposition facilite la détermination de l'allure des couches dont ces escarpements représentent les tranches.

243. Saussure, qui a étudié les calcaires de la vallée d'Aoste, dans toutes leurs positions et sous toutes leurs formes, a surtout insisté sur leurs recurrences dans l'ensemble de ces schistes chloriteux des trois étages supérieurs, où ils forment tantôt des bancs puissants, tantôt de simples veines disséminées çà et là. Ces calcaires se sont montrés le plus souvent très effervescents quoiqu'ils donnent des étincelles au briquet. En effet, ils contiennent du quartz grenu, du mica, de l'amphibole en forme d'aiguilles vertes très fines et très brillantes, et de petits grenats décomposables en une rouille ferrugineuse. Dans ces mélanges, la partie calcaire ne fait quelquefois que les 0,25 ou même les 0,14 de la masse qui est d'ailleurs fusible. Certains enchevêtrements de ce genre sont assez réguliers pour que l'illustre observateur ait cru devoir les désigner sous le nom de *granitoïdes ;* mais il arrive aussi que des parties de *pierre de corne* verte écailleuse, et de stéatite, dérangent la régularité de l'ensemble. On peut voir, entre autres, de nombreux détails au sujet de ces intercalations des calcaires et

de schistes chloriteux plus ou moins métamorphiques, grenatifères, amphiboliques, parmi ses observations relatives au Mont-Jovet. Enfin, l'on remarquera avec intérêt que la complication résultant de la dissémination du quartz, de l'amphibole et du mica dans les calcaires en question, répétée de diverses manières, sans aucun respect pour les lois alors admises en géologie, et selon lesquelles le calcaire devait être d'origine secondaire, tandis que l'on plaçait les autres substances au rang des matières primitives, lui a suffi pour déclarer que l'on s'était trop hâté de poser de limites précises entre les deux ordres.

La présence du graphite ou de la plombagine sur quelques points, tels que le Pic-Blanc au Mont-Rose, Ollen, la Pointe-de-Drone au Grand-St-Bernard, le Greppon au Mont-Blanc, et Verrayez près de Chambave, mérite encore d'être mentionnée parce qu'elle contribue à faire de l'ensemble quelque chose de plus récent que les gneuss des Aiguilles-Rouges. Ces graphites sont également disséminés en petites lamelles dans les schistes chloriteux du Lyonnais, et, pour ma part, tenant compte de leur présence ainsi que des engrenages divers qui composent le système, je suis très porté à le rapprocher de celui de Sainte-Marie-aux-Mines dans les Vosges, à l'égard duquel M. Elie de Beaumont, partant également de la réunion du calcaire et du graphite, s'est déjà prononcé d'une manière explicite en admettant son origine métamorphique. J'ajoute, en outre, qu'il doit être antérieur aux dépôts paléozoïques, et que dans cette partie de la chaîne vosgienne, la feldspathisation joue un rôle non moins prononcé qu'autour des noyaux cristallins des Alpes.

Il ne sagit pas ici de détailler plus amplement les divers autres accidents de cet immense paquet chloriteux dont les phénomènes particuliers, importants pour le mineur qui s'attache aux filons, seraient sans valeur pour celui qui s'occupe

de la houille. Mais sans plus tarder, je dois revenir avec de nouveaux détails sur les relations des schistes verts anciens et des calcaires, parmi lesquels il faut établir une distinction.

244. Ces calcaires très complexes paraissent se confondre avec ces schistes, et leurs traces sont disséminées sur toute la circonscription de la vallée d'Aoste. D'abord au Petit-Saint-Bernard, on rencontre immédiatement les marbres micacés schisteux de cette station. Viennent ensuite les carrières de marbre salin, blanc et gris, entremêlé de chlorite et encaissé au milieu des schistes verts de Pont dans le val Soana. La formation s'étend vers Traverselle, d'où ces calcaires cristallins se prolongent sur la ligne micaschisteuse et granitique de Bajo, Nomaglio et Crevola. A partir de ce point, on les voit de nouveau sur les hauteurs du Simplon, ainsi que de la vallée de Binnen; d'ailleurs l'on peut en reconnaître les affleurements au Pic-Blanc près du Mont-Rose, au col de Saint-Théodule près du Mont-Cervin, ainsi qu'au Breuil, où le granit veiné adhère à des couches calcaires, où les schistes verdâtres, les roches chloriteuses, micacées, grenatifères, quartzifères, ainsi que les masses amphiboliques sont associées à des dolomies tufacées. La vallée de Challant m'a montré de nombreux blocs de ces calcaires encastrés dans d'immenses dépôts diluviens ou glaciaires descendus des sommités de la chaîne Pennine. Ils reparaissent auprès du Grand-Saint-Bernard pour se soutenir sur une grande étendue de la périphérie du Mont-Blanc.

En effet, dans les parties supérieures du bassin de la Doire-Baltée, les puissantes assises calcaires se redressent vers l'ouest contre le colosse à la manière d'un immense bouclier. On les voit d'abord à la Tête-Noire, puis successivement à Orsières, à Saint-Pierre, au Grand-Saint-Bernard, à Saint-Rémy, à Saint-Oyen, au Cramont, d'où l'arc de cercle aboutit, par le col de la Seigne, au Chapiu sur la rive droite

du torrent dit l'*Eau du Glacier*. Ici, de même qu'à Orsières, on peut admirer les immenses couches de ces calcaires, qui, redressées vigoureusement, élancent leurs hardies dentelures vers les cimes en formant des parois très peu accessibles à cause de l'état uni de leurs surfaces. Ces mêmes assises se soutiennent à Morgex, à la Salle, à Planaval, à Aoste, s'étendant vers Gignod et Tiévéno.

Elles consistent en marbres grenus, micacés et cipolins, en bardiglios souvent traversés de larges veines bleuâtres, auxquels s'ajoutent des brêches ou poudingues calcaires, quelques dolomies et surtout des schistes verts chloriteux, des diorites schisteuses, des cornes vertes, disséminés dans tout l'ensemble à Morgex, à Gignod, à Saint-Oyen, à Villeneuve, à Arvier, à la Salle, de manière à faire croire que ce système calcaire se relie avec la partie feldspathique qui flanque la rampe orientale du Mont-Blanc. A Planaval, les assises très étendues, de 10^{m} d'épaisseur, consistent en un marbre blanc renfermant du fer oxidulé et de la chlorite.

Les poudingues calcaires gisent principalement à la partie supérieure du système, à Aimaville, à Gressan et à Charvensod. Au Cramont, ils sont accompagnés de dolomies.

Il faut encore ranger ici des mélanges siliceux qui se montrent surtout au Grand-Saint-Bernard. Saussure indique également des roches de ce genre à Saint-Pierre, à Saint-Rémy, à Saint-Oyen, à Gignod près du passage de la Cluse, et à Aoste où elles sont entremêlées de calcaire. Le quartz surabonde souvent dans ces roches au point que la chlorite ne forme plus que des enduits interposés; mais ils rendent la masse assez exfoliable pour qu'elle puisse fournir des dalles ou des lauzes; le rocher, connu sous le nom de Tour-des-Fous, est même du quartz presque pur.

(La suite est renvoyée à un autre volume.

FIN DU CINQUIÈME VOLUME.

TABLE DES MATIÈRES

CONTENUES DANS LE CINQUIÈME VOLUME.

FIN DE LA TABLE DES MATIÈRES.

ERRATA.

Page 42, ligne 4. *Au lieu de* qu'il il y eu, *lisez* qu'il y a eu.

Page 43, ligne avant-dernière. *Supprimez* soit.

Page 72, ligne 1. *Au lieu de* XVII, *lisez* XIV.

Page 81, ligne 12. *Au lieu de* XIII, *lisez* XV.

Page 105, ligne 17. *Au lieu de* enciens, *lisez* anciens.

Page 129, ligne 8. *Au lieu de* polithique, *lisez* oolithiques.

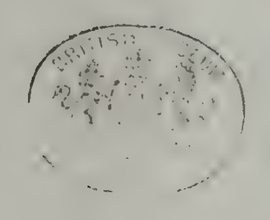
Page 164, ligne 23. *Au lieu de* atmospheriqeus, *lisez* atmosphériques.

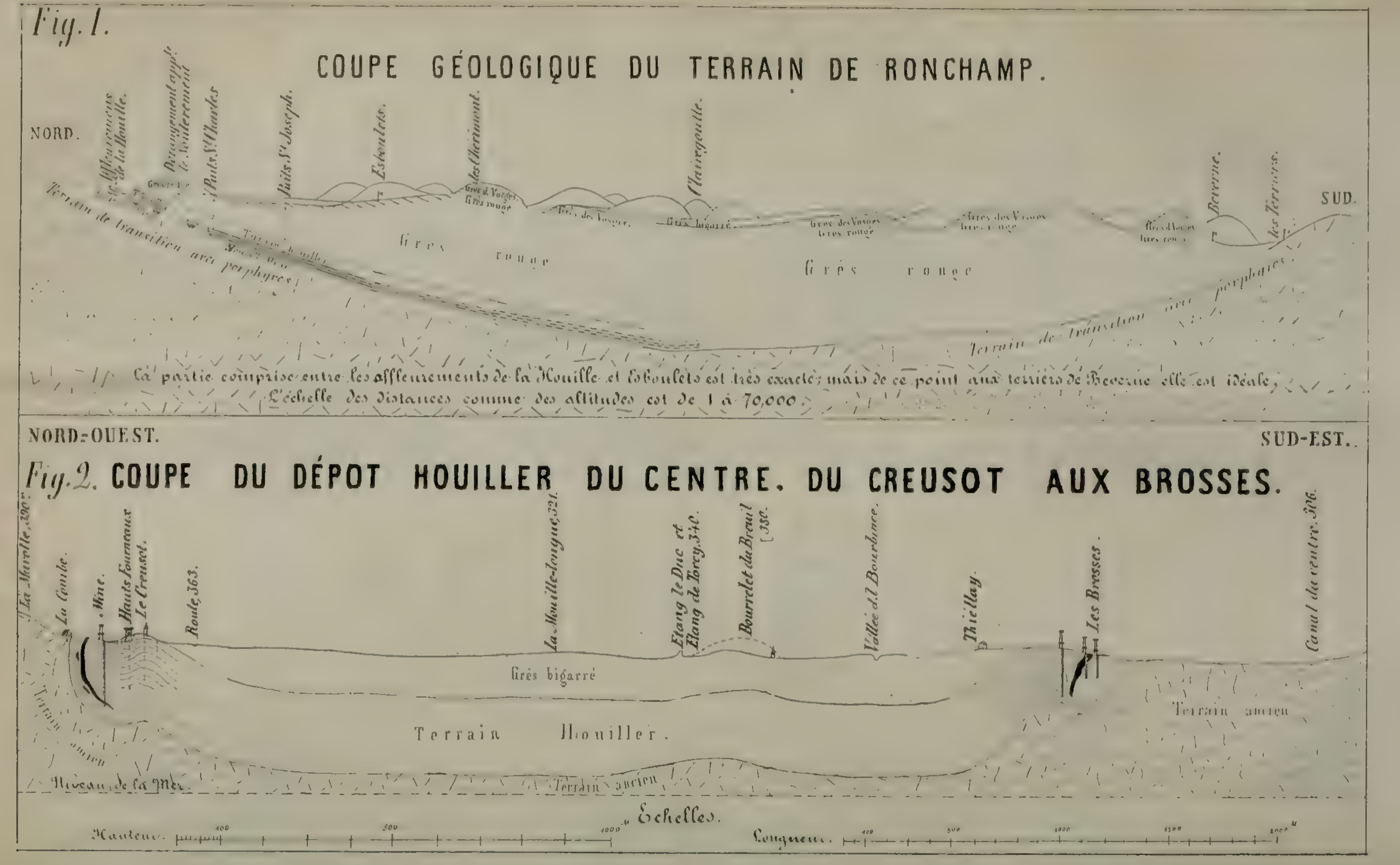
Page 260, ligne 16. *Au lieu de* rive droite, *lisez* rive gauche.

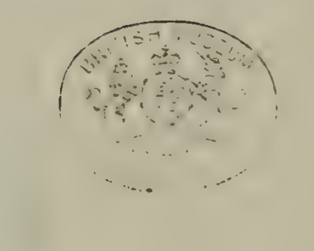
Page 290, ligne 10. *Au lieu de* pert, *lisez* perd.

Page 298, ligne 27. *Au lieu de* quelques empreintes, *lisez* diverses empreintes.

Page 299, ligne 30. *Après* les grandes nappes, *ajoutez* houillères.




Fig. 1.
COUPE GÉOLOGIQUE DU TERRAIN DE RONCHAMP.
NORD.
SUD.
Affleurements de la Houille.
Dérangement appelé le Soulèvement
Puits St Charles
Puits St Joseph.
Esboulets.
des Chériment.
Clairegoutte.
Beverne.
les Terriers.
Grès rouge
Grès des Vosges
Grès bigarré
Terrain de transition avec porphyres
Terrain houiller
La partie comprise entre les affleurements de la Houille et Esboulets est très exacte; mais de ce point aux terriers de Beverne elle est idéale;
L'échelle des distances comme des altitudes est de 1 à 70,000.
Fig. 2. COUPE DU DÉPOT HOUILLER DU CENTRE. DU CREUSOT AUX BROSSES.
NORD-OUEST.
SUD-EST.
La Marolle, 390.
La Combe.
Mine.
Hauts Fourneaux
Le Creusot.
Route, 363.
La Mouille-longue, 321.
Etang le Duc et Etang de Torcy, 340.
Bourrelet du Breuil [380.
Vallée d. l. Bourbince.
Thiellay.
Les Brosses.
Canal du centre, 306.
Grès bigarré
Terrain Houiller.
Terrain ancien
Niveau de la Mer.
Echelles.
Hauteur.
Longueur.
100
500
1000m
1500
2000m



NORD-OUEST. SUD-EST.

Fig. 4.

COUPE DE BUXY A AUTUN.

Echelles. Haut. Long.

Autun. Fragny. Pont-d'Ajou. la Marolle. le Creuzot. Turcy. Houil^re de Long-pendu. Ecuisses. St Maurice-d'Auxy. le Martrat. Montagny-s-Buxy. Buxy.

l'Arroux, r^re
St Andoche.
Ter. Houiller.
St Pancrace.
Couhard.
Brise-cou.
Montinan.
Ter. Trias.
Corcelle, T^r Jur.
Route.
Fontaine Malaine.
Ter. Trias.
Montromble.
Le Ranson, r^re
Croix Blanchot.
Ter. Trias.
Croix Brenot.
St Sernin-du-bois.
Le Mesvrin, r^re
Houillère.
La Verrerie.
Route et Sablière.
Terrain Triasique
Etang de Torcy
Les Voisettes
Puits Jumeaux.
Grand Puits.
Descenderie.
Etang de Riverde.
Molleville.
Etang de Longpendu.
Canal du Centre.
Etang de Bondilly.
Bondilly.
Les Baudots.
Route.
Télégraphe.
Terrain Trias.
P. des Forges, T^r Houil.
Marilly-les-Buxy.
Volvin
La Matenne, r^re
M^in de Cersot, T^r Trias.
La Guye, r^re
Route.
Sassangy.
La Roche.
Ter. Jurassique.
M^in
Davenay.
La Corne, r^re

Terrain ancien.

Niveau de la Mer.

287. 351. 324. 404. 523. 501. 613. 580. 557. 541. 420. 531. 340. 496. 320. 493. 363. 332. 300. 321. 310. 310. 300. 320. 309. 300. 315. 370. 423. 448. 468. 476. 341. 380. 385. 350. 289. 343. 261. 402. 325. 458. 384. 333. 261. 234. 209.

Fig. 3.

COUPE DU DÉPOT HOUILLER DU CENTRE. DE LUCY A St EUGÈNE.

Echelles. Haut^r 400 500 1000^M Long^r 1000 2000 3000^M

S-E. N-O.

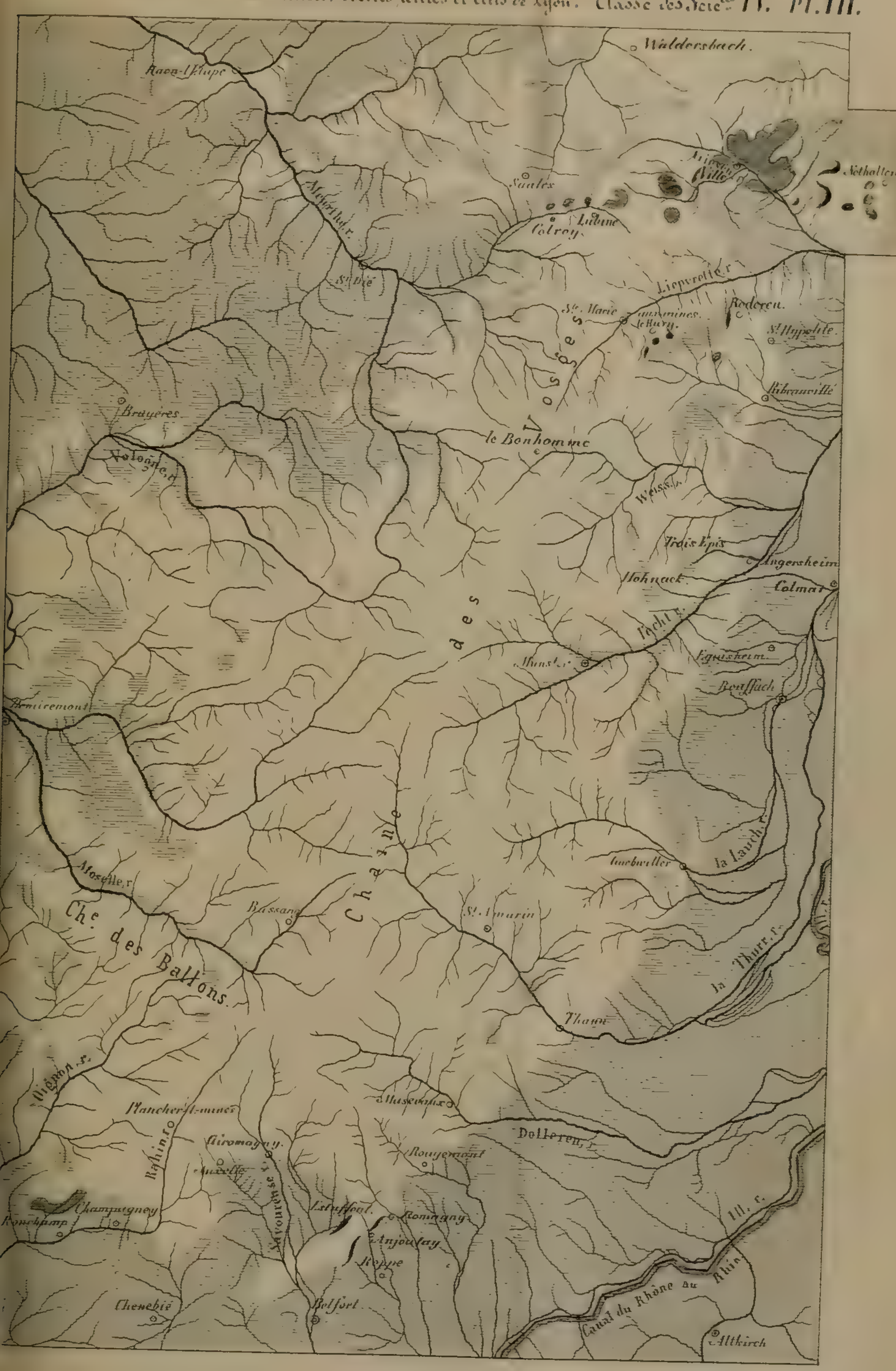
Terrain ancien.
Canal du Centre.
Lucy
Terrain houiller.
Legain, Schistes bit.
Grès blancs supérieur.
Bourrelet
Sauvignes, Grès blanc sup.
Grès rouge.
Vallée de l'Oudrache, Grès rouge.
La Borde, Grès rouge.
La Faye, limite du Grès rouge.
Les Chaumes, Grès blanc. sup.
Les Pacauds, Grès blanc sup.
La Praye, Grès blancs.
Bourrelet.
M^in à vent du Breuil.
Les Roquelins, Schistes noir. sup.
R^re de Pontins.
Le Cros Monial.
Bas de Ville. Grès rouge
St Eugène, Grès rouge.
Terrain Houiller

Grès bigarré.

Niveau de la Mer.

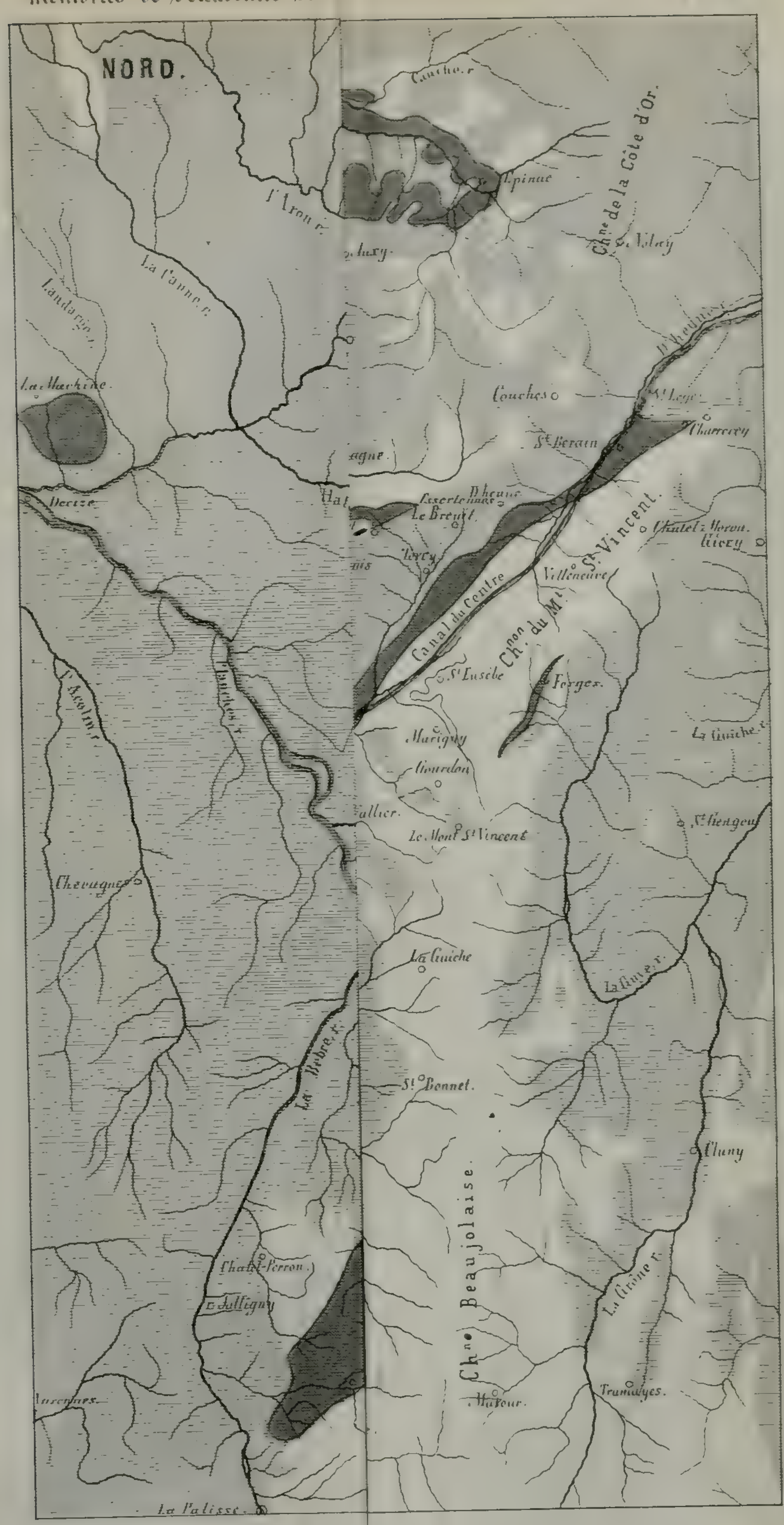
321. 280. 311. 320. 414. 297. 361. 316. 406. 287. 321. 367. 380.



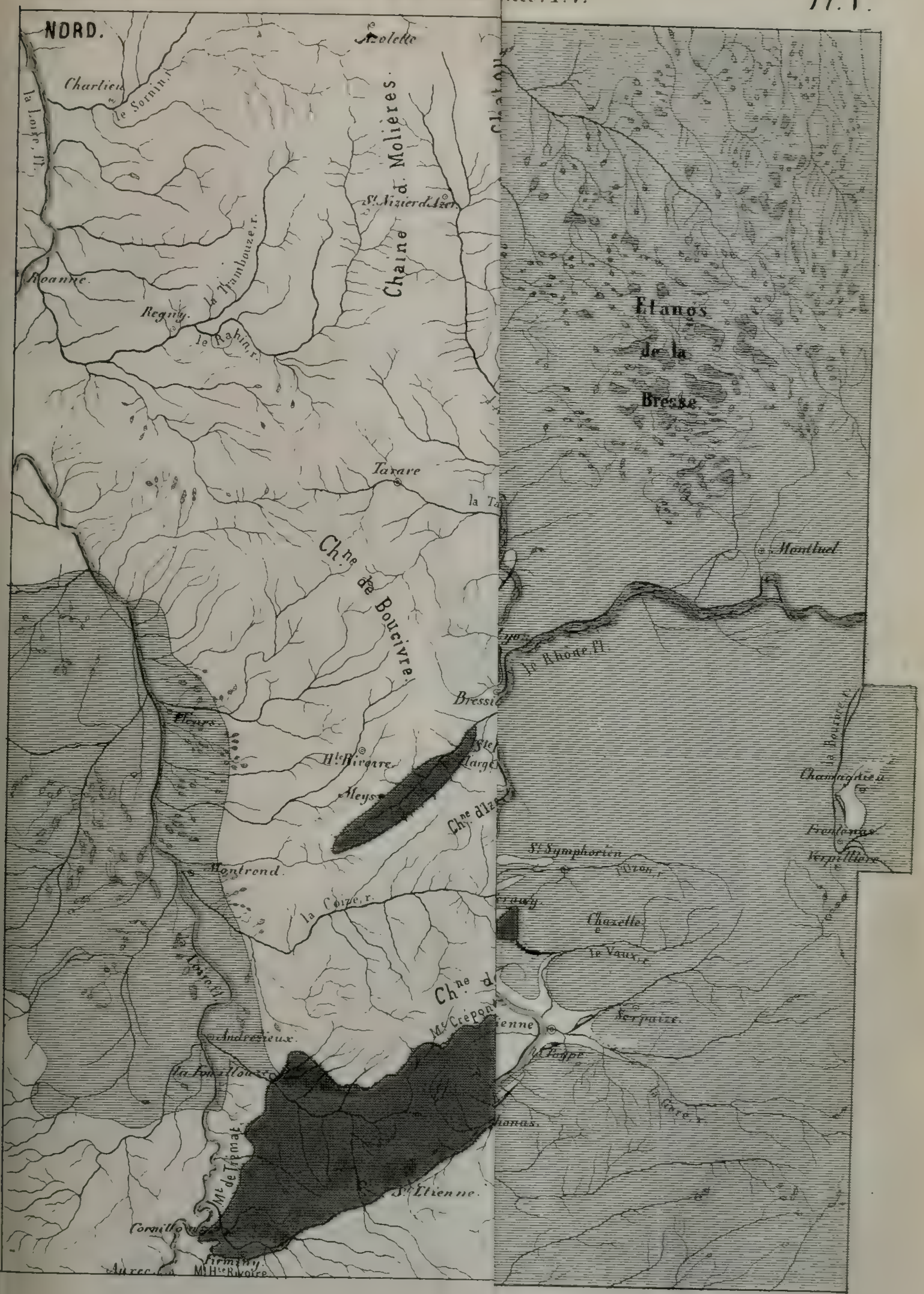


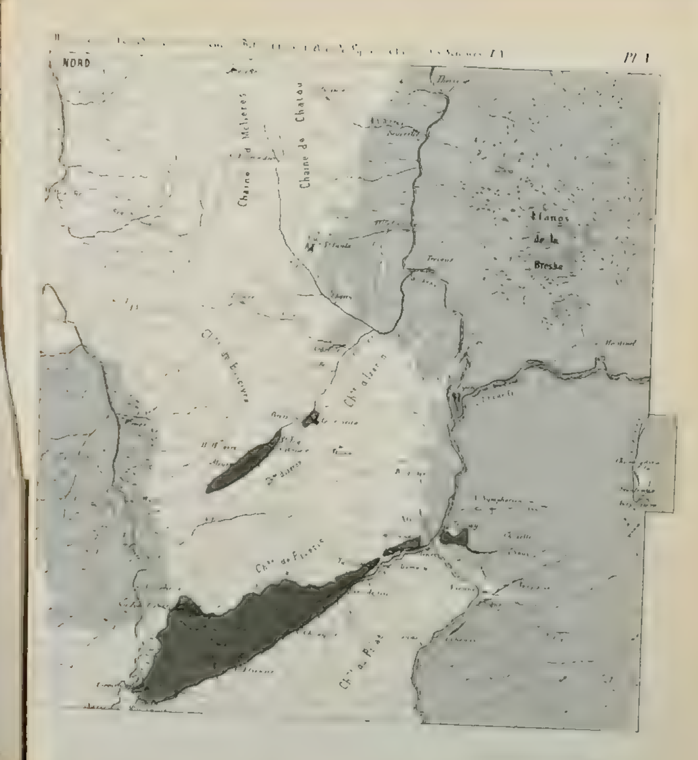
Waldersbach.
Raon-l'Étape
Saales
Lubine
Colroy
Meurthe, r.
St Dié
Lieprette, r.
Ste Marie aux mines
le Hury
Roderen.
St Hypolite.
Ribeauvillé
Vosges
Bruyères
le Bonhomme
Vologne, r.
Weiss, r.
Trois Epis
Angersheim
Hohnack
Colmar
Fecht, r.
des
Munster
Equisheim
Rouffach
Remiremont
Chaîne
Guebwiller
la Lauch, r.
Moselle, r.
Che des Ballons.
Bussang
St Amarin
la Thurr, r.
Thann
Oignon, r.
Plancher-les-mines
Masevaux
Doller, r.
Rahin, r.
Giromagny
Auxelle
Savoureuse, r.
Rougemont
Champagney
Ronchamp
Estuffont
Romagny
Anjoutay
Roppe
Ill, r.
Rhin
Canal du Rhône au Rhin
Chenebié
Belfort
Altkirch

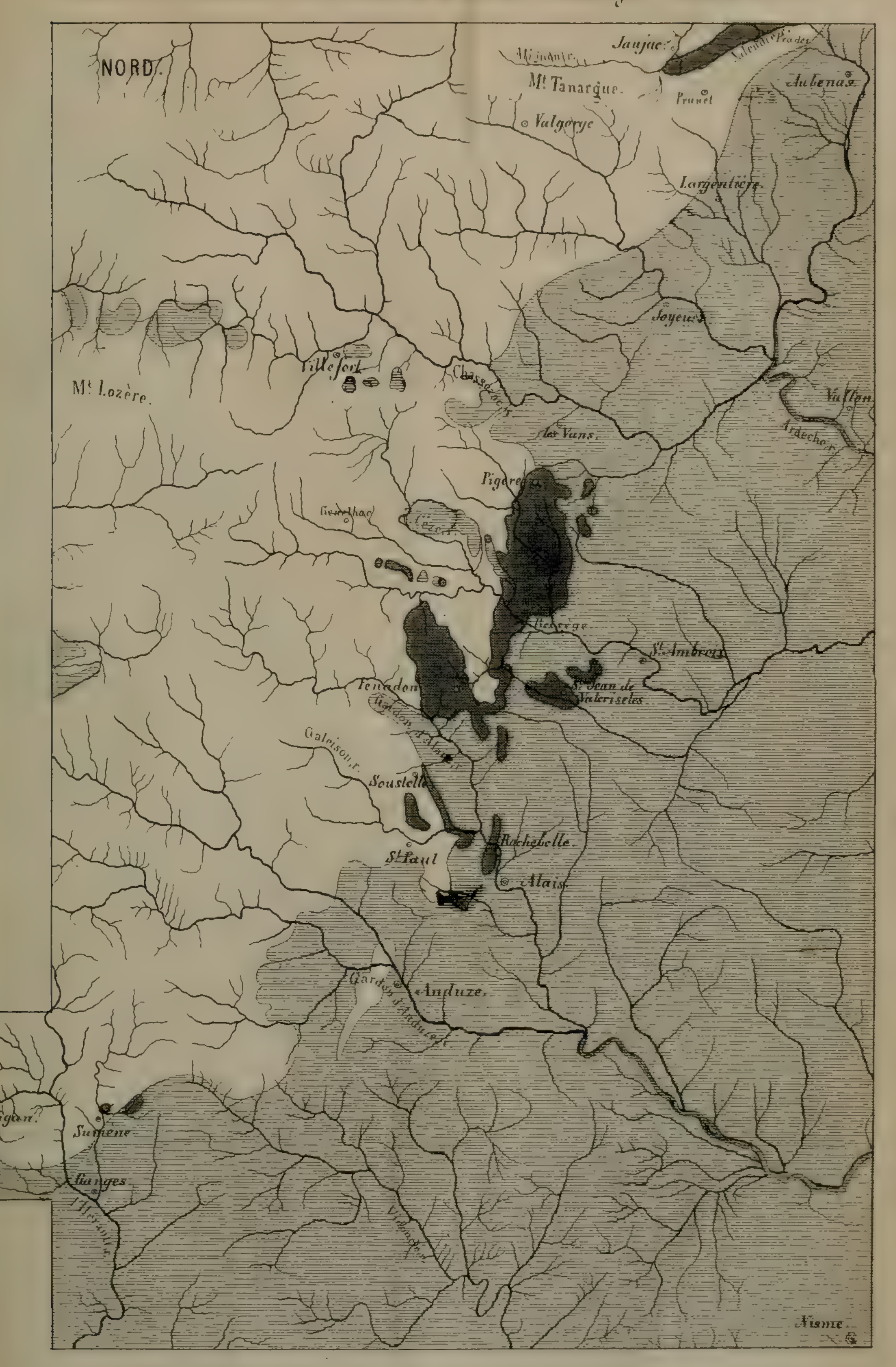

NATURAL HISTO


NORD.
Chne de la Côte d'Or.
Canal du Centre
Chnes du Mt St Vincent.
Chne Beaujolaise.
Couches
St Berain
St Leger
Charrecey
Le Breuil
Villeneuve
St Eusèbe
Marigny
Gourdon
Le Mont St Vincent
La Guiche
St Bonnet.
Cluny
Trambly
Chevagnes
La Palisse
Jaligny
Dorne
Toulon
Epinac
Nolay


NORD


NORD.
Charlieu
le Sornin, r.
la Loire, fl.
Roanne.
Regny.
la Trambouze, r.
le Rahin, r.
Chaine d. Molières.
St. Nizier d'Azer.
Tarare
Chne de Boucivre.
Feurs
Ht. Rivoire
Meys
Chne d'Iz...
Montrond.
la Coize, r.
la Loire, fl.
Andrézieux.
la Fouillouze
Mt. de Tremat
Mt. Crépon
Chne d...
St. Etienne.
Cornillon
Firminy.
Aurec
Mt. Hte Rivoire
Etangs de la Bresse
Montluel.
le Rhône, fl.
Lyon
Bressi...
St. Symphorien
Chazelle
le Vaux, r.
Serpaize.
Cloppe
la Gère, r.
la Bourbre, r.
Chamagnieu
Frontenas
Verpillière


Pl. I
NORD
Chaine de Chatou
Etangs
de la
Breske



Lith. Socrelant, r. Centrale, 81, Lyon.

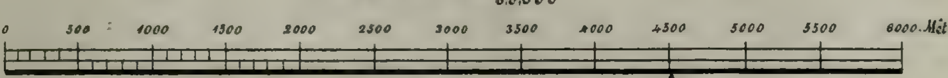

NORD.
Mgne Noire.
Mt Espinouse.
Pic Montahut.
Mt Méguillon
la Mare r
Jaur r
Olargues
Roquebrun
St Chinian
Orb r
Gabian
la Peyne r
la Boyne r
Pic Cabrières
la Tongue r
Pezenas
Beziers
Canal du Midi
le Libron r
l'Hérault r.
l'Ergue r
la Cesse r
Aude r.
la Salvetat
la Tour
Bousquet
Lodève
Clermont
Montagnac
Agde



CARTE GÉOLOGIQUE

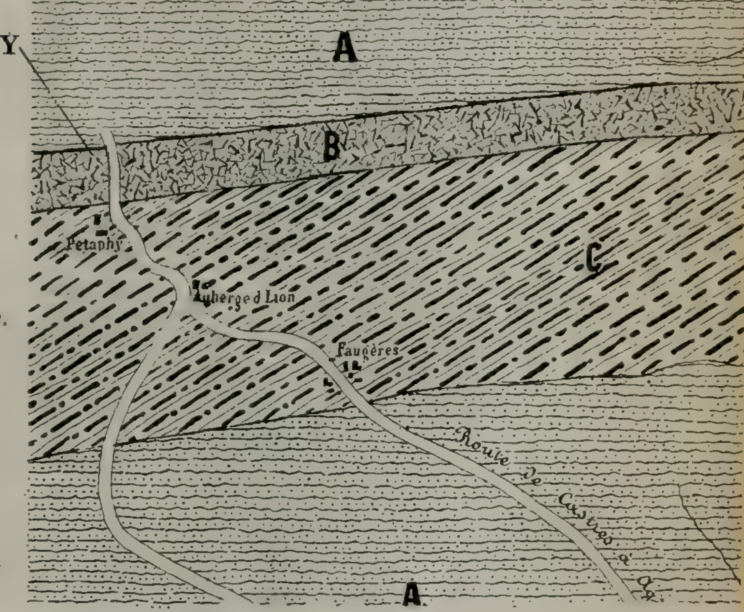
Des environs de Neffiès, canton de Roujan
Arrondissement de Béziers, Départ.t de l'Hérault.

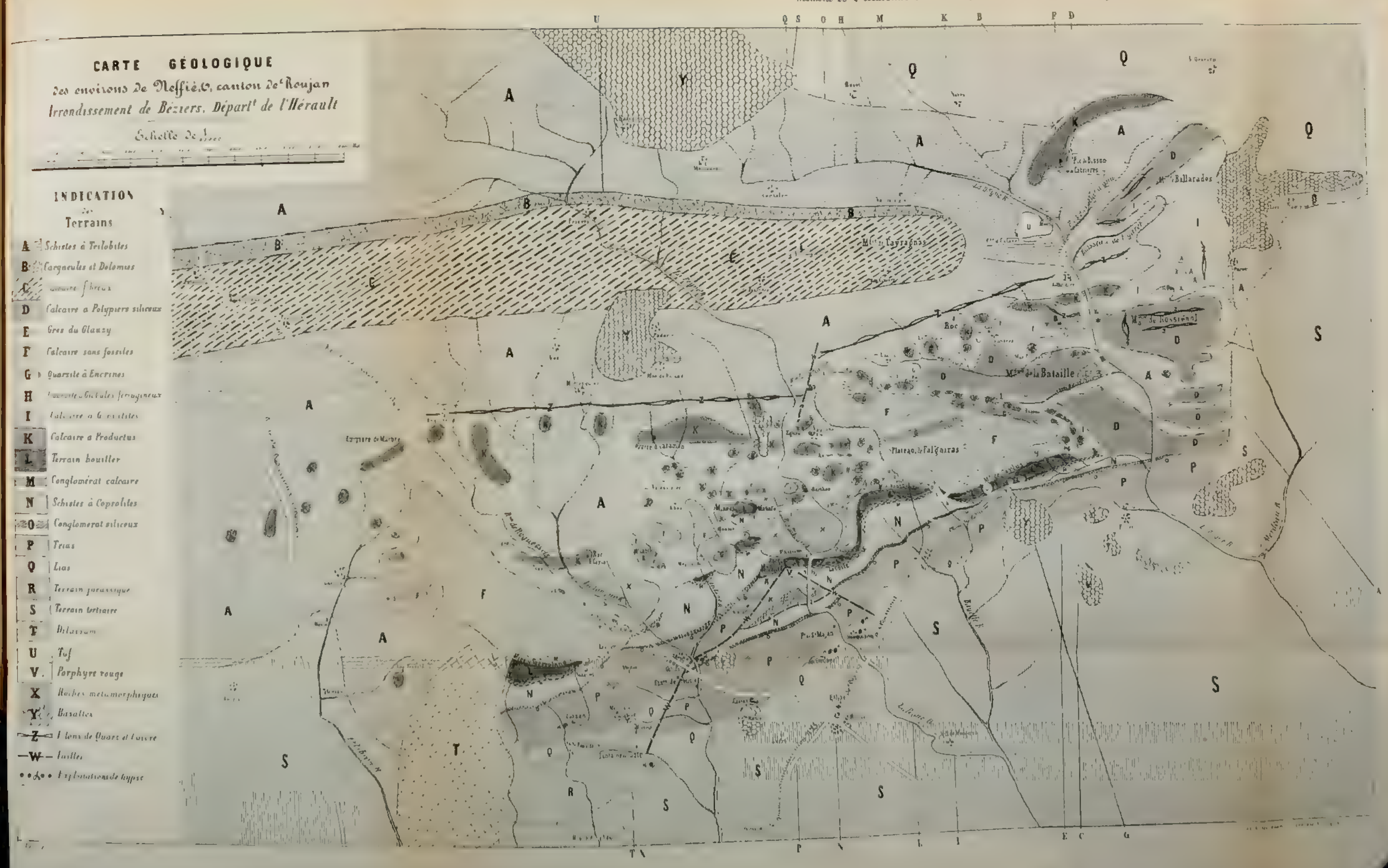
Echelle de $\frac{1}{60{,}000}$



INDICATION des Terrains.

A	*Schistes à Trilobites.*
B	*Cargneules et Dolomies.*
C	*Calcaire fibreux.*
D	*Calcaire à Polypiers siliceux.*
E	*Grès du Glauzy.*
F	*Calcaire sans fossiles.*
G	*Quarzite à Encrines.*
H	*Quarzite à Globules ferrugineux.*




CARTE GÉOLOGIQUE
des environs de Neffiès, canton de Roujan
Arrondissement de Béziers. Départ' de l'Hérault
Échelle de
INDICATION des Terrains
A Schistes à Trilobites
B Cargneules et Dolomies
D Calcaire à Polypiers siliceux
E Grès du Glauzy
F Calcaire sans fossiles
G Quarzite à Encrines
K Calcaire à Productus
L Terrain houiller
M Conglomérat calcaire
N Schistes à Coprolites
O Conglomerat siliceux
P Trias
Q Lias
R Terrain jurassique
S Terrain tertiaire
T Diluvium
U Tuf
V Porphyre rouge
X Roches métamorphiques
Y Basaltes
Z Filons de Quarz et Cuivre
W Failles
Explorations de Gypse
Mgne de la Bataille
Plateau de Falgairas
Ballarades

